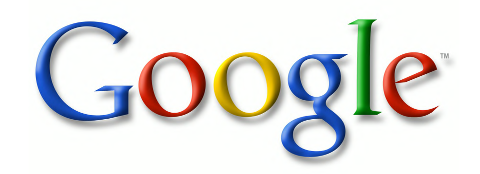
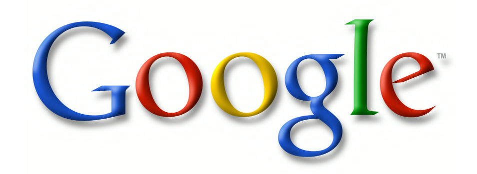
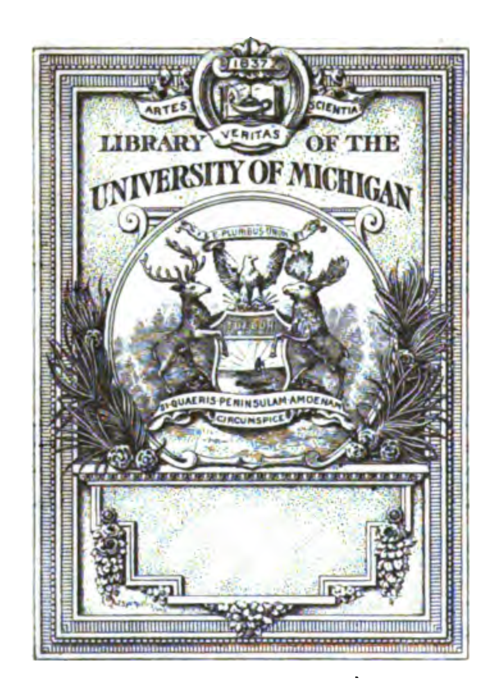
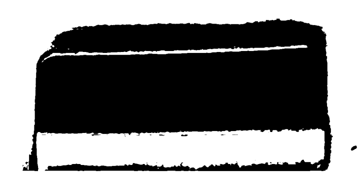







1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



A. B. Prescott

1874.





Die
Elemente der Pharmacie.

Unter Mitwirkung von

Dr. G. Jäger,
Prof. am Polytechnicum in Stuttgart.

und

Dr. W. Städel,
Docent an der naturwissenschaftl. Facultät zu Tübingen.

herausgegeben

von

Dr. J. B. Henkel.
Professor der Pharmacie in Tübingen.

Erster Theil.

Chemie, Physik, Mineralogie.

Bearbeitet von Dr. J. B. Städel.

Leipzig.
Ernst Günther's Verlag.
1873.

Lehrbuch

der

reinen und angewandten Chemie, der Physik und Mineralogie.

Zum Gebrauche

für angehende Pharmaceuten, Mediciner und Chemiker

bearbeitet von

Dr. Wilhelm Städel,
Privatdocenten der Chemie an der Universität Tübingen.



Leipzig.
Ernst Günther's Verlag.
1873.

ERSTE ABTHEILUNG.

Anorganische Chemie.

Einleitung.

Chemische Erscheinungen kommen im alltäglichen Leben in so mannichfaltiger Weise vor, und doch sind es gerade diese, von denen man sich am schwierigsten eine Vorstellung machen kann, und wollte man versuchen an den jedem Gebildeten bekannten Erscheinungen eine Definition von chemischer Kraft, oder chemischer Vereinigung oder Trennung zu geben, man würde sicher nur schlecht zum Ziele gelangen. Es gehören eben zum Verständniss solcher Erscheinungen eine Reihe von Anschauungen die wir im alltäglichen Leben nicht erhalten.

Wir wollen deshalb auch gar nicht versuchen eine Definition der Chemie zu geben, eine Definition, die, abgesehen von dem Gesagten, um so schwerer wäre, als man bis heute noch nicht im Stande ist zu sagen, auf welches Ziel denn eigentlich diese Wissenschaft hinarbeite. Wenn man die Astronomie als diejenige Wissenschaft bezeichnet, welche den Lauf der Planeten und Fixsterne und alle damit zusammenhängenden Erscheinungen zu berechnen hat, so ist wohl damit eine genügende Definition gegeben. Das Ziel, das diese Wissenschaft zu erreichen hat, liegt klar vorgezeichnet da, und so lässt sich daran erkennen, was diese Wissenschaft ist.

Um die Vorbedingungen zu erfüllen, welche für das Verstehen chemischer Erscheinungen nothwendig sind, wollen wir uns zuerst mit einigen möglichst einfachen chemischen Erscheinungen bekannt machen. Im Verlaufe des Studiums der chemischen Thatsachen, werden alle die verschiedenartigen Begriffe und Anschauungen geläufig werden.

Der gelbe Schwefel, der im Handel in sehr fein vertheiltem Zustande unter dem Namen Schwefelblumen vorkommt, lässt sich mit Eisenfeile mischen. Man erhält, wenn man anders die beiden Substanzen möglichst fein zertheilt angewandt, und beide so innig als möglich gemischt hat, ein Gemenge, welches weder gelb

wie Schwefel ist, noch grau wie metallisches Eisen. Diese beiden Körper hat man dann mit einander verbunden, aber nicht chemisch, sondern nur mechanisch. Durch ein mechanisches Hülfsmittel lassen sich beide wieder trennen, wenn auch nur schwierig vollständig. So lässt sich durch Schlämmen der leichte Schwefel von dem schweren Eisen trennen. Durch einen Magneten kann man die kleinen Eisentheilchen aus der Masse entfernen (siehe Physik). Hält man nämlich einen solchen Magneten in das Gemenge herein, so hängen sich vermöge der Anziehungskraft des Magneten gegenüber dem Eisen die Eisentheilchen an Ersteren an. Der Schwefel dagegen bleibt liegen.

Noch durch manche andere derartige rein mechanische Mittel lässt sich dieses Gemenge in seine beiden Bestandtheile zerlegen.

Die beiden Stoffe Schwefel und Eisen lassen sich übrigens auch chemisch verbinden. Aus dem besprochenen Gemenge lässt sich eine chemische Verbindung der Bestandtheile herstellen.

Bringt man nämlich eine nicht zu kleine Menge desselben in ein Glasröhrchen, ein sog. Reagirrohr oder Probirrohr, und erhitzt dasselbe mit einer Weingeist- oder Gasflamme eine kurze Zeit, so bemerkt man alsbald, dass die Masse an einer Stelle ins Glühen geräth. Man hört nun mit dem Erhitzen auf, und wird dann sehen, dass dieses Glühen sich langsam durch die ganze Masse fortsetzt. Dieses Erglühen bezeichnet den chemischen Process. Nach einer Weile erlischt dasselbe, und die ganze Masse wird erkalten. Jetzt sind beide Stoffe chemisch mit einander verbunden, und es findet sich, im Falle man von beiden Stoffen nur die rechten Mengen genommen hat (siehe Seite 4) weder Schwefel noch Eisen als solches in der Masse. Es ist ein neuer Körper entstanden mit neuen Eigenschaften, das Schwefeleisen, eine graue fast geschmolzene Masse. Die Verschiedenheit dieses Körpers von den beiden ursprünglichen Substanzen ist sehr gross. Vor allem ist er durch sein Aussehen unterschieden. Er unterscheidet sich von ihnen durch sein Verhalten beim Erwärmen. Schwefel schmilzt leicht, Eisen sehr schwer. Schwefeleisen steht in der Mitte. Schwefel wird von Salzsäure nicht angegriffen, Eisen unter Aufbrausen davon gelöst. Das Schwefeleisen löst sich auch in Salzsäure, aber unter Entwicklung eines starken Geruchs nach faulen Eiern u. s. w. In dem Schwefeleisen sind natürlich noch die ursprünglichen Stoffe, Schwefel und Eisen als Bestandtheile enthalten, aber die diesen Körpern eigenthümlichen Eigenschaften sind verschwunden. Man kann durchaus nicht mehr die gelben Schwefeltheilchen darin erkennen, oder die grauen Eisentheilchen. Durch Schlämmen lässt sich kein Schwefel abscheiden, und durch den Magneten kein Eisen ausziehen. Schwefel und Eisen sind so fest mit einander verbunden, dass sie durch

die gewöhnlichen mechanischen Mittel nicht mehr von einander getrennt werden. Wir haben hier ein Beispiel chemischer Vereinigung. Es ist hauptsächlich der Gegensatz zwischen mechanischer Vermengung und chemischer Vereinigung, der durch dieses Beispiel veranschaulicht werden soll.

Ebenso einfache Beispiele chemischer Zerlegung giebt es. Auch ein solches Beispiel wollen wir betrachten. Es giebt eine Verbindung von Jod und Sauerstoff, zweier Stoffe, die wir noch ausführlich kennen lernen werden. Ersteres ist fest, bildet eine stahlgraue bis schwarze Masse und giebt beim Erhitzen einen violetten Dampf, letzterer ist ein farbloser, luftförmiger Körper, der die höchst merkwürdige Eigenschaft hat, glimmende Holzspähne zu entzünden, dass sie mit Flamme brennen. Diese beiden Stoffe sind chemisch mit einander verbunden, und bilden eine weisse Masse. Der Körper hat den Namen Jodsäure. In dieser Jodsäure zeigen weder das feste Jod noch der luftförmige Sauerstoff ihre eigenthümlichen Eigenschaften. Sobald durch irgend eine Ursache übrigens die chemische Vereinigung gelöst wird, so bemerkt man das Hervortreten der beiden Bestandtheile mit ihren Eigenschaften. Erhitzt man in einem Probirröhrchen eine nicht zu geringe Menge von Jodsäure, so entwickelt sich ein violetter Dampf, das ist der Dampf des aus der Verbindung ausgeschiedenen Jods, das sich oft in schwarzen metallisch glänzenden Plättchen an dem nicht erhitzten Theile der Röhre ansetzt, und nach kurzer Zeit hat sich die Röhre so weit mit dem anderen Bestandtheile der Jodsäure, das ist mit Sauerstoff, angefüllt, dass sich ein glimmender Holzspahn darin entzünden lässt. Taucht man einen solchen in die Röhre hinein, so wird man die Entzündung desselben beobachten. Bei länger fortgesetztem Erhitzen der Jodsäure wird man die Zerlegung der ganzen Menge erreichen können.

Aus dem weissen Körper, der Jodsäure, sind also durch chemische Zerlegung zwei von dem ursprünglichen so grundverschiedene Körper erhalten worden. Dass diese beiden Stoffe in einem ganz bestimmten Gewichtsverhältnisse auftreten, ist wichtig. Wir wollen darauf später zurückkommen.

In den beiden beschriebenen Versuchen sehen wir also zwei sich entgegenstehende chemische Erscheinungen. In dem ersten Verbindung, in dem zweiten Zerlegung. In beiden Fällen ist die chemische Wirkung hervorgerufen worden durch die Wärme, und so sehen wir dieselbe je nach der Natur der betreffenden Substanzen bald eine Vereinigung, bald eine Trennung zu Stande bringen. Hiernach ist die Wärme nicht als eine chemische Kraft selbst anzusehen, sondern nur als die Ursache, welche die Körper veranlasst, ihre chemische Kraft zu äussern. Ausserdem sehen

wir in den beiden besprochenen Versuchen Beispiele von directer chemischer Vereinigung oder directer chemischer Trennung zweier Körper. Solche chemische Erscheinungen sind nicht die häufigsten, aber sie dienen doch dazu, einen Begriff zu geben von dem Wesen einer chemischen Kraft.

Als wichtigstes Ergebniss der Versuche, sei noch einmal kurz zusammengefasst, ist die Erkenntniss, dass durch chemische Processe Körper auseinander entstehen, welche in ihren Eigenschaften verschieden von einander sind; so entsteht durch Vereinigung zweier Körper, wie Schwefel und Eisen, der dritte, das sogen. Schwefeleisen, mit ganz neuen Eigenschaften, aus Jodsäure entsteht durch deren Zersetzung Jod und Sauerstoff, Körper die in ihren Eigenschaften so sehr von der Jodsäure abweichen. Es darf nun nicht daran gedacht werden, dass im zweiten Fall die beiden Körper Jod und Sauerstoff erzeugt würden, nein, sie sind in der Jodsäure enthalten, mit allen ihren Eigenschaften begabt. Diese Eigenschaften sind übrigens nicht bemerkbar, sondern kommen erst zum Vorschein, wenn beide Körper gewissermassen *in Freiheit gesetzt werden*, gerade wie durch die Vereinigung von Schwefel und Eisen das Verschwinden der eigenthümlichen Eigenschaften derselben veranlasst wird, während doch die beiden Körper als Bestandtheile der Verbindung weiter bestehen. Sie befinden sich eben dann *in gebundenem Zustande*.

Es ist schon gesagt worden, dass die besprochenen Versuche noch eine andere Bedeutung haben. Sie zeigen uns, dass chemische Processe verlaufen, indem von den in Wirkung tretenden Stoffen ganz bestimmte Gewichtsmengen an denselben sich betheiligen. Wenn Schwefel mit Eisen beim Erhitzen sich verbindet, so entsteht eine Verbindung, welche auf 4 Theile Schwefel nicht mehr und nicht weniger als 7 Theile Eisen enthält. Es setzen sich also $4 + 7 = 11$ Theile Schwefeleisen zusammen aus 4 Theilen Schwefel und 7 Theilen Eisen.*) Ebenso setzt sich die Jodsäure aus ganz bestimmten Gewichtsmengen der Bestand-

---

*) Es ist hier wohl zu bedenken, dass die drei Zahlen 4, 7, 11 nur das Verhältniss ausdrücken, in welchem die Mengen der Bestandtheile und der Verbindung zu einander stehen. Man könnte dieses Verhältniss auch ausdrücken durch Zahlen 8, 14, 22 oder 16, 28, 44. Im ersten Falle ist aber nur die Hälfte oder der vierte Theil der Menge gemeint, als im zweiten oder dritten Falle. Es sind die Zahlen 4, 7 und 11 eben gewählt, weil sie am einfachsten das Verhältniss bezeichnen. Wohl zu bemerken ist ausserdem, dass wenn 4, 7 gewählt sind, 11 sich natürlich ergiebt, da es die Summe darstellt. Die Verbindung wiegt so viel als die Summe ihrer Bestandtheile.

theile zusammen. 167 Theile Jodsäure enthalten 127 Theile Jod und 40 Theile Sauerstoff.*)

Im ersten Falle wird man nämlich dann nur eine vollständige Vereinigung von Schwefel und Eisen erhalten, wenn man beide Körper in dem genannten Verhältniss gemischt hat. Jeder Ueberschuss des einen oder andern bleibt unverbunden.

Diese Eigenthümlichkeit der chemischen Vereinigung ist nicht minder wichtig als die erste.

Nach dem Gesagten können wir also folgende zwei Fundamentalsätze aussprechen, um das Wesen eines chemischen Processes zu bezeichnen:

1. Wenn sich Körper chemisch mit einander verbinden, so verschwinden die specifischen Eigenschaften derselben, und es entstehen Stoffe, welche neue Eigenschaften besitzen.

2. Die chemische Vereinigung der Körper erfolgt immer nur nach bestimmten Gewichtsverhältnissen.**)

Lehre von den Elementen. (Einfache, unzerlegte Körper.)

Wenn wir die Eigenschaft der Jodsäure betrachten, beim Erhitzen in zwei Stoffe, in Jod und Sauerstoff, zu zerfallen, so sehen wir, dass dieselbe zusammengesetzt ist, zusammengesetzt in chemischer Beziehung. Durch mechanische Zertheilung können wir kleine Theilchen dieses Körpers herstellen, aber selbst die allerkleinsten Theilchen sind noch zusammengesetzt, sie lassen sich aber nicht mehr zerlegen durch mechanische Hülfsmittel, sondern nur durch chemische, wenigstens ist noch mögliche Zerlegung keine mechanische, sondern eine chemische. Ob in diesem Sinne die hier entstehenden Körper unzerlegbar sind, ist eine andere Frage. Nachgewiesen ist, dass die Jodsäure zerlegbar, folglich kein ein-

*) Auch dieses Verhältniss lässt sich durch andere Zahlen ausdrücken, entweder durch Division oder durch Multiplication lassen sich die Zahlen ändern, während das Verhältniss das gleiche bleibt.

**) Es reiht sich an diese beiden Sätze noch ein dritter an, der sich auch auf die Gewichtsverhältnisse bezieht, der aber erst später erörtert werden kann. Ausserdem beziehen sich beide Sätze nicht allein auf chemische Vereinigung, sondern auch auf Zersetzungen, und namentlich auch auf sogen. Wechselzersetzungen.

facher, sondern ein zusammengesetzter Körper ist. Die Zusammengesetztheit ist nun ohne Schwierigkeit bei weitem den meisten in der Natur vorkommenden Stoffen nachgewiesen.

Einige wenige dagegen haben bis heute noch der Zerlegungskunst widerstanden, und diese Körper sind wir genöthigt vor der Hand noch als einfache Körper, als Elemente anzusehen.

Einige solche Elemente sind allgemein bekannt, wie Eisen, Aluminium, Zink, Zinn, Kupfer, Gold, Silber, Platin und andere. Auch Nichtmetalle, wie Schwefel, Phosphor, Kohle (als Diamant).

Andere Elemente sind weniger bekannt, wenn sie uns noch so häufig zur Beobachtung vorliegen. Der Stickstoff, der Sauerstoff, welche zusammen die Luft ausmachen, das Jod und andere. Auf S. 9 findet sich ein Verzeichniss sämmtlicher bis heute noch als Elemente anzusehender Körper.

Wir sehen in der gegebenen Definition der Elemente eine wesentliche Abweichung von den althergebrachten Begriffen. Man nennt vielfach als Elemente: Feuer, Wasser, Luft und Erde. Dieses sind die Elemente, welche uns aus dem Alterthum überkommen sind. Wir müssen uns von solchen Vorstellungen ganz befreien und als Elemente nur die unzerlegten Körper ansehen.

Lehre von den festen Verhältnissen.

Wir haben die Grundzüge dieser Lehre schon entwickelt und wollen nun sehen, wie dieselbe sich in ihrer weiteren Ausdehnung gestaltet. Betrachten wir zunächst eine Reihe von Verbindungen des Wasserstoffs, in Bezug auf ihre Zusammensetzung.

Der Wasserstoff ist ein luftförmiger Körper ohne Geruch und Geschmack, ohne Farbe. Es ist der leichteste aller Körper, und geht mit vielen anderen Elementen Verbindungen ein. Diese Verbindungen sind alle nach bestimmten Verhältnissen zusammengesetzt. Sehen wir, wie grosse Mengen der verschiedenen Elemente mit einem Gewichtstheile Wasserstoff verbunden sind:

1 Theil Wasserstoff verbindet sich mit 8 Theilen Sauerstoff und es entstehen 9 Theile Wasser,

1 Theil Wasserstoff verbindet sich mit 16 Theilen Schwefel und es entstehen 17 Theile Schwefelwasserstoff,

1 Theil Wasserstoff verbindet sich mit 35,5 Theilen Chlor und es entstehen 36,5 Theile Chlorwasserstoff,

1 Theil Wasserstoff verbindet sich mit 127 Theile Jod und es entstehen 128 Theile Jodwasserstoff,

1 Theil Wasserstoff verbindet sich mit 80 Theilen Brom und es entstehen 81 Theile Bromwasserstoff.

Wir sehen in einer dieser Verbindungen 8 Theile Sauerstoff als diejenige Menge, welche mit der Gewichtseinheit Wasserstoff sich vereinigt. Mit 8 Theilen Sauerstoff vereinigen sich nun aber wieder auch gewisse Mengen von Elementen.

Wir wollen sehen, wie grosse Mengen sich mit 8 Theilen Sauerstoff verbinden:

8 Theile Sauerstoff verbinden sich mit 39,1 Theilen Kalium und es entstehen 47,1 Theile Kali (Bestandtheil der Potasche),

8 Theile Sauerstoff verbinden sich mit 23 Theilen Natrium und es entstehen 31 Theile Natron (Bestandtheil der Soda),

8 Theile Sauerstoff verbinden sich mit 20 Theilen Calcium und es entstehen 28 Theile Kalk,

8 Theile Sauerstoff verbinden sich mit 12 Theilen Magnesium und es entstehen 20 Th. Magnesia (Bestandth. des Bittersalzes),

8 Theile Sauerstoff verbinden sich mit 28 Theilen Eisen und es entstehen 36 Theile Eisenoxydul (Bestandth. des Eisenvitriols),

8 Theile Sauerstoff verbinden sich mit 35,5 Theilen Chlor und es entstehen 43,5 Theile Unterchlorige Säure (Bestandtheil des Chlorkalks).

Diese fünf Metalle verbinden sich mit den genannten anderen Elementen und zwar in folgenden Mengen:

39,1 Kalium mit 16 Th. Schwefel, oder 127 Jod, oder 35,5 Chlor, oder 80 Brom,

23 Natrium mit 16 Th. Schwefel, oder 127 Jod, oder 35,5 Chlor, oder 80 Brom,

20 Calcium mit 16 Th. Schwefel, oder 127 Jod, oder 35,5 Chlor, oder 80 Brom,

29 Eisen mit 16 Th. Schwefel, oder 127 Jod, oder 35,5 Chlor, oder 80 Brom.

Betrachten wir diese Zusammenstellung übersichtlich, so bemerken wir gewisse Zahlen, als für die Verbindungsverhältnisse dieser Elemente maassgebend. Z. B. 8 bei Sauerstoff, 16 bei Schwefel, 23 bei Natrium. Man muss nun wohl bedenken, dass diese Zahlen nur Verhältnisszahlen sind, insofern dieselben alle sich verdoppeln, sobald man für die Verbindungen des Wasserstoffs statt auf 1 Theil Wasserstoff auf 2 Theile berechnet. Diese Zahl 1 ist die dem Wasserstoff zugehörige Zahl, und mit Beziehung auf diese Einheit sind alle anderen Zahlen zu rechnen. Man nennt diese Zahlen Verbindungsgewichtszahlen, oder Mischungsgewichtszahlen. Der Namen Aequivalent-

gewichtszahlen oder Aequivalent wird für die Zahlen ebenfalls gebraucht, schliesst aber noch einen anderen Sinn ein.

Wir wollen uns des Ausdrucks: Aequivalentgewichtszahlen bedienen, und die durch diese Zahlen ausgedrückten Mengen der Elemente, die Aequivalente derselben nennen. Eine kurze Zusammenstellung wird die Bedeutung dieser Zahlen noch verständlicher machen. Folgende Elemente verbinden sich mit einander, zu je zweien, in den Mengenverhältnissen, wie sie durch die beigesetzten Zahlen ausgedrückt werden:

1 Wasserstoff mit 8 Sauerstoff, 8 Sauerstoff mit 23 Natrium, 23 Natrium mit 35,5 Chlor, 35,5 Chlor mit 1 Wasserstoff.

Wir sehen hier an diesen Beispielen, dass die genannten Elemente immer mit den durch die beigesetzten Zahlen ausgedrückten Gewichtsverhältnissen in chemische Verbindung treten.

Während sich z. B. Wasserstoff und Sauerstoff in jedem Gewichtsverhältniss mischen lassen, kann eine Vereinigung beider Elemente nur in dem Gewichtsverhältniss von 1 Th. Wasserstoff auf 8 Thle. Sauerstoff erfolgen. (Siehe übrigens Seite 13.)

Es erhellt aus dem Gesagten, dass man bei der Darstellung oder Bezeichnung chemischer Processe sich solcher Ausdrücke bedienen kann, welche geradezu diese Gewichtsmengen bedeuten, so dass man z. B. von Sauerstoff nie eine andere Menge als 8 Gewichtstheile meint. Spricht man von Schwefel schlechtweg, so sind damit stets 16 Gewichtstheile desselben gemeint. Um bei der Benennung sowohl, wie bei der schriftlichen Bezeichnnng die langen Worte zu umgehen, sind die Chemiker übereingekommen, den Elementen bestimmte Zeichen zu geben. Man hat hierzu die Anfangsbuchstaben der deutschen oder lateinischen Namen gewählt. Man bezeichnet den Sauerstoff mit O. (Oxygenium), und dieses O bedeutet also gleichzeitig stets 8 Gewichtstheile oder das Aequivalent des Elements.

In beifolgender Tabelle haben wir eine Zusammenstellung sämmtlicher bis jetzt als Elemente angesehenen Körper mit den ihnen zukommenden Zeichen und Aequivalentgewichtszahlen.*)

---

*) Nur die mit * bezeichneten Elemente sind wichtig und können eingehender beschrieben werden. Die andern werden entweder nicht mehr erwähnt oder nur flüchtig beschrieben werden.

Namen der Elemente.	Zeichen der Elemente.	Verbindungsgewichtzahlen. *Aequivalentgewichtzahlen.*
* 1. Sauerstoff . .	O (von Oxygenium) .	8
* 2.* Wasserstoff .	H (von Hydrogenium) .	1
* 3. Stickstoff . .	N (von Nitrogenium) .	14
* 4. Schwefel . .	S	16
5. Selen	Se	39,5
6. Tellur	Te	64
* 7. Chlor	Cl	35,5
* 8. Brom	Br	80
* 9. Jod	J	127
*10. Fluor	Fl	19
*11. Phosphor . .	P	31
*12. Bor	Bo	11
*13. Silicium . . .	Si	14,2
*14. Kohlenstoff .	C	6
*15. Arsen	As	75
*16. Antimon . . .	Sb (von Stibium) . .	120,3
*17. Kalium . . .	K (oder Ka)	39,1
*18. Natrium . .	Na	23
19. Lithium . . .	Li	7
20. Cäsium . . .	Cs	133
21. Rubidium . . .	Rb	85,4
*22. Barium . . .	Ba	68,6
*23. Strontium . . .	Sr	43,8
*24. Calcium . .	Ca	20
*25. Magnesium .	Mg	12
*26. Aluminium . .	Al	13,6
27. Beryllium . . .	Be	7
28. Zirkonium . .	Zr	44,7
29. Thorium . . .	Th	59,5
30. Cerium	Ce	46
31. Lanthan . . .	La	46
32. Didym	D	48
33. Yttrium . . .	Y	—
34. Erbium . . .	E	—
*35. Mangan . . .	Mn	27
*36. Eisen	Fe (von Ferrum) . .	28
*37. Chrom	Cr	26
*38. Kobalt . . .	Co (von Cobaltum) . .	30
*39. Nickel . . .	Ni	29
*40. Zink	Zn	32,5
*41. Kadmium . .	Cd (von Cadmium) . .	56

Namen der Elemente.	Zeichen der Elemente.	Verbindungsgewichtzahlen. *Aequivalentgewichtzahlen.*
42. Indium . . .	In	36,8
*43. Kupfer . . .	Cu (von Cuprum) . .	31,7
*44. Blei	Pb (von Plumbum . .	103,5
45. Thallium . . .	Tl	204
*46. Zinn	Sn (von Stannum) . .	59
47. Titan	Ti	25
48. Tantal	Ta	182
49. Niobium . . .	Nb	94
*50. Wismuth . . .	Bi (von Bismuthum) .	208
*51. Uran	Ur	60
*52. Wolfram . . .	Wo	92
*53. Molybdän . . .	Mo	46
54. Vanadin . . .	V	68,5
*55. Quecksilber .	Hg (von Hydrargyrum)	100
*56. Silber . . .	Ag (von Argentum) .	108
*57. Gold	Au (von Aurum) . .	196
*58. Platin . . .	Pt	99
*59. Palladium . . .	Pd	53
60. Rhodium . . .	Rh	52
61. Iridium . . .	Ir	98,6
62. Ruthenium . .	Ru	52
63. Osmium . . .	Os	100

Dieses Verzeichniss ist vollständig*) und in seiner Bedeutung verständlich.

Es ist nöthig, die Zeichen und Aequivalentgewichtszahlen einiger Elemente dem Gedächtniss einzuprägen. Die gesperrt gedruckten Namen mit ihren Zeichen und Zahlen sind diejenigen, welche am häufigsten vorkommen, und mit denen auch wir bei den nachfolgenden Betrachtungen operiren werden.

Mit Hülfe dieser Zeichen sind wir nun im Stande in kurzen Ausdrücken complicirte chemische Processe zu bezeichnen. Greifen wir auf unser erstes Beispiel eines chemischen Prozesses zurück, die Vereinigung von Schwefel und Eisen.

Wir haben gesehen, 16 Thle. Schwefel verbinden sich mit

*) Einige Chemiker behaupten zwar noch die Existenz mehrerer anderer Elemente, wie Terbium, Norium, Wasium, Jargonium, Ilmenium, Donarium Dianium. Die Nichtexistenz ist von einigen nachgewiesen, von den anderen ist die Existenz mindestens sehr zweifelhaft.

28 Thln. Eisen. Diese Mengen Schwefel und Eisen werden durch die Zeichen S und Fe ausgedrückt, wie aus unserer Tabelle ersichtlich, folglich wird die Bezeichnung S + Fe oder Fe + S diese Vereinigung ausdrücken.

Man ist nun übereingekommen, mit dem Ausdruck Fe+S zu bezeichnen, dass sich Schwefel mit Eisen verbindet, mit FeS dagegen, dass sich beide Elemente verbunden haben; damit wird der Ausdruck FeS zum Zeichen für die Verbindung, für Schwefeleisen. Um den höchst einfachen chemischen Process in seinem ganzen Verlauf zu beschreiben, bedient man sich der Gleichung:

$$Fe + S = FeS.$$

Auf der linken Seite des Gleichheitszeichens sind diejenigen Körper aufgezählt, die miteinander in chemische Action treten, und auf der rechten Seite sind die Producte dieser chemischen Action bezeichnet. Das ganze nennt man eine chemische Gleichung. Der Ausdruck FeS ist eine chemische Formel, während Fe und S für sich chemische Zeichen oder Symbole genannt werden.

Wie man sieht, lässt sich durch den Ausdruck FeS eine chemische Verbindung bezeichnen. Dies geschieht durch Aneinanderschreiben der Symbole oder Zeichen derjenigen Elemente, welche man als die Bestandtheile der betreffenden Verbindung ansehen muss. Die auf Seite 7 u. 8 genannten Verbindungen erhalten dann ganz analoge Formeln: HO, NaO, NaCl, HCl. u. s. w. Es darf übrigens nicht ausser Acht gelassen werden, dass wie diese für sich allein stets ganz bestimmte Quantitäten bezeichnen, sie dies auch in einer chemischen Formel thun.

Folgende Darstellung möge das veranschaulichen. Die unter die Zeichen geschriebenen Zahlen bedeuten die Gewichtsmengen, welche durch die Zeichen nach unserer Tabelle ausgedrückt werden.

HO	NaO	NaCl	HCl
1. 8.	23. 8.	23. 35,5.	1. 35,5.
9	31	58,5	36,5

Wir sehen in der untersten Reihe Zahlen, welche wir als die Summen der beiden unmittelbar über ihnen stehenden Zahlen erkennen. Die Summen bedeuten die Gewichte der Verbindungen selbst, und so sehen wir die chemischen Formeln in ganz gleicher Weise als Ausdruck bestimmter Gewichtsmengen der Körper, wie dies bei den Elementen der Fall war. Nur lässt sich diese Zahl für eine Verbindung, welche man auch Aequivalentgewichtszahl nennen kann, sehr leicht durch Summation der Aequivalentgewichtszahlen der in der Ver-

bindung enthaltenen Elemente berechnen. Wenn man nun mit dem Zeichen eines Elementes ein Aequivalent desselben bezeichnet, so kann man mit einer chemischen Formel das Aequivalent einer Verbindung bezeichnen.

Noch eine andere Bedeutung haben die genannten Formeln, die eigentlich auf der Hand liegt, die wir aber doch noch besonders hervorheben wollen.

Diese Formeln geben uns die Zusammensetzung der Verbindung. Man ist gewöhnt, die Zusammensetzung stets in Procenten auszudrücken. Durch eine einfache Rechnung lässt sich für jede Verbindung diese finden, z. B. für das Wasser.

In einem Aequivalent Wasser, in HO=9 Theilen sind enthalten 8 Theile Sauerstoff und 1 Theil Wasserstoff.

Es gelten also die beiden Proportionen:

$9 : 8 = 100 : x.$ x ist die Anzahl Procente Sauerstoff im Wasser.

$x = 88{,}89$

$9 : 1 = 100 : y.$ y ist die Anzahl Procente Wassertoff in der Verbindung.

$y = 11{,}11.$

Ein Aequivalent = 9 Thle. Wasser enthalten 8 Thle. Sauerstoff,
1 „ Wasserstoff.

100 Theile Wasser enthalten also 88,89 Thle. Sauerstoff,
11,11 „ Wasserstoff.
100,00

Aus dieser Betrachtung ergiebt sich leicht, dsss man umgekehrt aus der procentischen Zusammensetzung die Formel einer Verbindung berechnen kann, wie wir später ausführlicher noch sehen werden.

Nach dem Gesagten wird die Lehre von den Aequivalenten verständlich sein. Wir haben übrigens noch eine sehr wichtige Ausdehnung dieser Lehre zu betrachten.

Lehre von den multiplen Proportionen.

Es ist eine ungemein häufige Erscheinung, dass zwei Elemente mehr als eine Verbindung mit einander bilden. Manche Elemente wie Kohlenstoff und Wasserstoff vereinigen sich sogar in einer sehr grossen Anzahl von Verhältnissen.

Mit Hülfe der Lehre von den Aequivalenten ist es nicht

schwer, für die Verbindungsverhältnisse solcher Körper eine Erklärung und einen präcisen Ausdruck zu finden.

Das Gesetz, denn so ist es zu nennen, welches die Verbindungsverhältnisse der Elemente beherrscht, lautet: Wenn sich zwei Elemente in mehr als einem Verhältnisse miteinander verbinden, so stehen die respectiven Mengen der einzelnen Elemente in den verschiedenen Verbindungen unter einander in einem durch ganze Zahlen oder einfache Brüche ausdrückbarem Verhältniss.

Vereinigt sich ein Körper A mit einem Körper B in zwei Verhältnissen, so stehen die mit der gleichen Menge A in den beiden Verbindungen vereinigten Mengen von B in dem Verhältniss wie 1 : 2, 1 : 3, 1 : $1^1/_2$, 1 : $2^1/_2$ etc, etc. Hat also die eine Verbindung die Formel AB, so kann die andere die Formel AB_2, AB_3, A_2B_3, A_2B_5 u. s. w. haben. Man nennt dieses Gesetz das Gesetz der multiplen Proportionen. Die Mengen von B in den verschiedenen Verbindungen sind einfache Multipla von B. selbst. Wir wollen sogleich einige practische Anwendungen von dem genannten Gesetze machen.

Wasserstoff und Sauerstoff vereinigen sich in zwei Verhältnissen mit einander. Im Wasser ist 1 Thl. Wasserstoff mit 8 Thln. Sauerstoff, in der zweiten Verbindung, dem sogen. Wasserstoffhyperoxyd, ist mit der gleichen Menge Wasserstoff doppelt so viel Sauerstoff verbunden. Die Verhältnisse sind also:

1 Wasserstoff mit 8 Sauerstoff
1 „ „ 16 „

Wenn wir gemäss den im vorigen Paragraphen gegebenen Erörterungen 8 Thl. Sauerstoff mit O bezeichnen, so werden 16 Thl. Sauerstoff durch $O_2 = 2 \times O$ ausgedrückt, mithin würden die Formeln der beiden Verbindungen sein:

HO und HO_2.

Auch das Eisen verbindet sich in zwei Verhältnissen mit Schwefel. Die erste Verbindung ist das uns schon bekannte Schwefeleisen, welches aus 28 Th. Eisen und 16 Th. Schwefel besteht.

Die zweite Verbindung enthält mit der gleichen Menge Eisen doppelt so viel Schwefel verbunden. 28 Eisen mit 32 Schwefel. Kommt der ersten Verbindung die Formel FeS zu, so erhält die Zweite die Formel FeS_2. Diese zweite Substanz ist der in der Natur vorkommende Eisenkies.

Ein höchst interessantes Beispiel der multiplen Proportionen bieten uns die Verbindungen des Stickstoffs mit Sauerstoff. Es giebt deren fünf. Mit der gleichen Menge Stickstoff sind in derselben Mengen von Sauerstoff enthalten, die im Verhältniss der Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 zu einander stehen. 14 Thl. Stickstoff sind

vereinigt mit 8, 16, 24, 32 und 40 Theilen Sauerstoff oder 1 Aequivalent Stickstoff ist vereinigt mit 1, 2, 3, 4 oder 5 Aequivalenten Sauerstoff. Die Formeln dieser fünf Verbindungen werden demnach folgende sein:

NO NO_2 NO_3 NO_4 NO_5.

Eisen giebt mit Sauerstoff ebenfalls mehrere verschiedene Verbindungen. Die Sauerstoffmengen die mit der gleichen Menge Eisen in denselben verbunden sind, stehen unter einander in dem Verhältniss wie 1, $1^1/_2$, 3. Mit 28 Thln. Eisen sind verbunden 8, 12 oder 24 Thle. Sauerstoff. Folglich wären die Formeln dieser Verbindung FeO $FeO_{1^1/_2}$ FeO_3. Die erste und letzte dieser drei Formeln sind richtig. Die zweite dagegen bedarf einer kleinen Umänderung, da es sich mit der Annahme kaum verträgt, dass immer entweder 8 Thle. Sauerstoff oder ganze Multipla dieser Menge in einer Verbindung enthalten sind. Also entweder 8 oder 16, oder 24, d. h. entweder 1 oder 2, oder 3 Aequivalente Sauerstoff. Eine Formel, welche dieser Bedingung genügt, ist nun sehr leicht aus $Fe\,O_{1^1/_2}$ zu erhalten. Diese drückt aus, dass mit 28 Eisen 12 Sauerstoff verbunden sind. Eine Verbindung von gleicher Zusammensetzung ist nun eine solche, die mit 56 Eisen 24 Sauerstoff verbunden enthält, und diese lässt sich durch die Formel $Fe_2\,O_3$ sehr leicht bezeichnen, welche durch einfache Verdoppelung aus ersterer zu erhalten ist.

Es erhielten also die drei Verbindungen des Eisens folgende drei Formeln: FeO Fe_2O_3 FeO_3. Das Eisen bildet nun noch eine vierte Verbindung mit Sauerstoff, und dieser kommt die Formel Fe_3O_4 zu. Hiermit vervollständigt sich die Reihe zu FeO . Fe_3O_4 Fe_2O_3 FeO_3, geordnet nach der Menge von Sauerstoff, die mit der gleichen Menge Eisen verbunden ist.

Die Verbindungen des Mangans mit Sauerstoff sind noch zahlreicher. Es giebt deren sechs. Die Formeln derselben sind MnO Mn_3O_4 Mn_2O_5 MnO_2 MnO_3 Mn_2O_7. In diesen Verbindungen sehen wir die complicirtesten Verhältnisse vertreten, welche bei den Verbindungen der Metalle z. B. vorkommen.

Wir können nun auch die Formel der zu Anfang erwähnten Jodsäure nachtragen. Dieselbe ist JO_5, ein Aequivalent Jod verbunden mit fünf Aequivalenten Sauerstoff. 127 Thle. Jod mit 40 Thln. Sauerstoff.

Durch die hier besprochenen Verbindungsgesetze der Elemente erhält die Lehre von den Aequivalenten erst ihre eigentliche Bedeutung, indem sie uns gestattet, Beziehungen in einfacher und klarer Weise auszudrücken, die ohne dies kaum hervortreten würden.

Da man die Zusammensetzung einer Verbindung beinahe im-

mer durch die sogen. Analyse ermittelt, so wird dieselbe stets in Procenten ausgedrückt werden. Für die fünf Verbindungen des Stickstoffs mit dem Sauerstoff haben wir folgende procentische Zusammensetzungen:

	1.	2.	3.	4.	5.
Stickstoff.	63,63	46,66	36,84	30,43	25,93
Sauerstoff.	36,37	53,34	63,16	69,57	74,07
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Es sind dies Zahlen, deren Zusammenhang gewiss so wenig erkennbar ist, als nur möglich. Augenblicklich dagegen wird derselbe ersichtlich, sowie man auf eine bestimmte Menge von Stickstoff reducirt. Man sieht alsdann, dass die Mengen von Sauerstoff in dem genannten Verhältniss stehen.

Hätte man, statt auf Stickstoff zu reduciren, berechnet, wie viel Stickstoff in den fünf Verbindungen mit der gleichen Menge Sauerstoff verbunden ist, so hätte man das gleiche Resultat erhalten. Die Wahl, ob man in einem solchen Fall auf Stickstoff oder Sauerstoff reduciren soll, und welche Zahl man im einen oder anderen Fall zu Grunde legen soll, ist selbstverständlich nicht so einfach. Dass man, wenn auf Stickstoff berechnet wird, die Zahl 14 zu Grunde legt, bedarf allerdings noch weiterer Erklärung und Begründung. Diese wollen wir übrigens auf einen späteren Paragraphen verschieben.

Wir wollen die Besprechung der chemischen Zeichen und Formeln nicht beschliessen, ohne vorher noch auf einige Punkte in der Schreibweise aufmerksam gemacht zu haben. Vor allem sei bemerkt, dass wie eine Vervielfachung der Mengen der Elemente durch Beifügung von Zahlenindices, auch eine Vervielfachung der Verbindungen in dieser Weise bezeichnet wird. Man bedient sich hierzu zwei verschiedener Schreibweisen, entweder z. B. $(Na\,O)_2$ oder 2Na O. In einem Falle klammert man ein, und setzt den Zahlenindex dahinter oder man schreibt die betreffende Zahl vorn und schliesst mit einem Punkte ab. Soll nämlich dicht hinter ein solches Zeichen ein anderes gesetzt werden, welches einfach zählt, so müssen beide durch einen Punkt getrennt sein, z. B. $2NaO . PO_5$. bedeutet $Na_2O_2PO_5$. u. s. w.

Hieran schliessen sich noch die Bemerkungen über die Art und Weise der Aneinanderreihung der Zeichen, indem auf dieselbe sehr häufig viel für das richtige Verständniss ankommt. Die Formeln, die wir gebrauchen, drücken lediglich die Zusammensetzung aus, aber in manchen Fällen auch in mehr oder minderem Grade die Art derselben. Schreiben wir z. B. die Formel KNO_6, so ist die Zusammensetzung der Verbindung damit genau bezeichnet.

Diesc Formel lässt sich aber auch noch abändern, und wir erhalten dann Ausdrücke, welche uns noch mehr als die Zusammensetzung bedeuten. Z. B. können wir schreiben $KONO_5$ und drücken damit aus, das ein O mit K verbunden ist und 5O mit N. und dass die hierdurch entstandenen Verbindungen sich mit einander vereinigt haben. Selbstverständlich können wir nicht willkürlich die Zeichen nebeneinander schreiben, sondern wir sind an gewisse Regeln gebunden, die sich aus dem chemischen Verhalten dieser Stoffe ableiten.

Lehre von der chemischen Verwandtschaft.

Aequivalenz.

Es ist eine Erfahrung, dass sich die Materie durch mechanische Hülfsmittel zerkleinern lässt. Sie zerlegt sich in kleine Theilchen, die unter Umständen so klein sind, dass sie selbst unter dem Vergrösserungsglas (unter dem Mikroskop) keine merkliche Ausdehnung mehr zeigen. Es ist nun eine für uns durchaus natürliche und leichte Vorstellung, dass diese Theilchen selbst noch weiter theilbar sind, wenn wir auch nicht im Stande sind, diese Zertheilung zu bewerkstelligen, aber ebenso natürlich und leicht fasslich ist der Gedanke, dass dieser Theilbarkeit schliesslich eine Grenze gesteckt sei. Die chemischen Forschungen und Entdeckungen, namentlich die Lehre von den Aequivalenten finden ihre ungezwungendste Erklärung bei der Annahme kleiner, durch Theilung entstandener Massen (Atome von α privat. und τεμνειν theilen), welche gewissermaassen den Sitz derjenigen Kräfte vorstellen, welche die spezifisch chemischen Erscheinungen hervorrufen. Wir wollen uns hier noch nicht auf die sogen. Atomtheorie einlassen, zudem dieselbe uns vorläufig noch nicht in der Form, in der sie heute gilt, nothwendig ist.

Wie wollen nur Kenntniss nehmen von der Existenz kleiner untheilbarer Massen.

Sogleich hieran reiht sich die Thatsache, dass die kleinsten Theilchen bei verschiedenen Elementen und Verbindungen verschieden schwer sind. Der Bequemlichkeit halber, wollen wir die kleinsten Theilchen A e q u i v a l e n t e, nennen, wir wollen sie identificiren mit denjenigen Massen, welche wir, als bei chemischen Reactionen in Wirksamkeit tretend, haben kennen gelernt. Das Gewicht dieser Massen giebt uns also das Gewicht der kleinsten Theilchen, aber wie im einen Fall die Zahlen, welche die Gewichte

bezeichnen, nur relativ sind, so erfahren wir auch nur die relativen Gewichte der kleinsten Theilchen. Man kann demnach sagen, das kleinste Theilchen vom Wasserstoff wiegt 1, das kleinste Theilchen vom Sauerstoff 8, ist also achtmal schwerer als das des Wasserstoffs. Vereinigen sich die beiden Elemente im Verhältniss 1 zu 8 wie in Wasser, so verbinden sich zwei kleinste Theilchen direct mit einander. Durch eine Figur lässt sich diese Ansicht versinnlichen. Die kleinsten Theilchen seien vorgestellt durch kleine Kugeln, die hier als Kreise gezeichnet sind.

OO OO OO OO
H O H S Na Cl H Cl

Die Gleichheit der kleinen Kreise soll nicht etwa zur Ansicht verleiten, die kleinsten Theilchen seien bei den verschiedenen Elementen von gleicher Grösse. Wie gross diese Aequivalente sind, interessirt uns zunächst noch gar nicht, sondern nur wie schwer sie sind. Die beigesetzten Buchstaben sollen anzeigen, das Aequivalent welches Elementes gerade gemeint ist. Hieraus ist ersichtlich, dass wir jede chemische Verbindung in dieser Weise beschreiben können. Das sogen. Wasserstoffhyperoxyd (Seite 13) enthält 1 Theil Wasserstoff und 16 Theile Sauerstoff oder ein Aequivalent Wasserstoff und zwei Aequivalente Sauerstoff. Es hat die Formel HO_2, und graphisch dargestellt wird diese zu

H. O_2

Die Verbindungen des Stickstoffs mit Sauerstoff (Seite 14) erhalten folgende Zeichen:

N. O. NO_2 NO_3 NO_4 NO_5

Aus dieser Darstellung ersehen wir, dass kleine Massentheilchen der verschiedenen Elemente neben einander gelagert, und durch irgend eine Kraft mit einander verbunden sind. Die verbindenden Striche mögen ein Zeichen sein, dass die kleinen Theilchen zusammenhängen. In welcher Anordnung, wissen wir zunächst noch nicht. Es soll überhaupt diese Auseinandersetzung nur zeigen, dass kleine Theilchen, die in unveränderlicher Grösse exi-

stiren, die Mittelpunkte sind, von denen aus die chemische Anziehung ausgeht.

Wir werden in einem späteren Paragraphen diejenige Theorie, welche specieller sich mit der Theilbarkeit der Masse befasst, die Atomtheorie kennen lernen. Wir werden dann auch sehen, dass die Atome nicht in allen Fällen mit den Aequivalenten in Bezug auf ihr Gewicht zusammenfallen.

Das Gewicht der Aequivalente haben wir schon in der auf S. 9 u. 10 befindlichen Tabelle angegeben. Diese Zahlen sind, wie dort gezeigt wurde, ermittelt aus den Gewichtsverhältnissen, in denen sich die Elemente miteinander verbinden.

Wie wir nun im Stande sind die chemischen Formeln in der genannten Weise graphisch darzustellen, so können wir auch chemische Zersetzungen ausdrücken. Es ist übrigens nicht nöthig, dass wir uns dieses complicirteren Ausdrucks bedienen, da uns die chemischen Gleichungen ebenso verständlich sind, wenn wir nur immer bedenken, dass die durch ein chemisches Symbol bezeichnete Menge weiter nichts ist als das Aequivalent, d. h. ein solch kleines Massentheilchen.

Dass die Anziehungskraft der Aequivalente verschiedener Elemente gegen einander verschieden ist, veranlasst die chemischen Zersetzungen, eine Klasse von Erscheinungen, die wir bis jetzt noch nicht betrachtet haben, zu der aber bei weitem die meisten chemischen Processe gehören.

Wir haben bis jetzt kennen gelernt directe chemische Vereinigung und Zerlegung, chemische Zersetzung dagegen findet statt, wenn auf eine schon fertig gebildete Verbindung ein Element oder noch eine Verbindung irgend eine chemische Einwirkung äussert.

Auch für solche Fälle haben wir die gleichen Erkennungszeichen, ob die Einwirkung eine chemische war oder nicht.

Das Entstehen andrer Körper mit neuen Eigenschaften zeigt uns, ob eine Veränderung in dem genannten Sinne erfolgt ist.

Wir wollen einige Zersetzungen derart betrachten. Zunächst solche, wo eine Verbindung durch ein Element zersetzt wird, und welche durch sogenannte einfache Wahlverwandtschaft*) veranlasst werden.

---

*) Wir bedienen uns hier eines Ausdrucks, der, wenn auch eigentlich veraltet, und den modernen Anschauungen nicht mehr durchaus ensprechend ist, doch noch fast allgemein gebraucht wird. Derselbe basirt auf der alten Ansicht, als habe ein Element gewissermassen die Wahl, sich mit diesem oder jenem Elemente zu vereinigen, so dass eine Vereinigung mit demjenigen Elemente zu Stande käme, zu welchem es die grösste Verwandtschaft zeigte. Kommen z. B. drei Elemente A, B und C zusammen, so wird sich A entweder

Eine Verbindung des Quecksilbers mit Schwefel ist der Zinnober. Seine Analyse zeigt uns, dass derselbe mit 100 Theilen Quecksilber 16 Theile Schwefel verbunden enthält. Also mit 1 Aequivalent Quecksilber 1 Aequivalent Schwefel. Seine Formel ist daher HgS (siehe Tabelle Seite 10).

Durch Eisen kann der Zinnober zersetzt werden. Mischt man fein getheilten Zinnober mit feinem Eisenpulver so innig als möglich, so erhält man ein Gemenge, welches übrigens unter dem Mikroskop noch kleine, rothe Zinnobertheilchen und schwarzgraue Eisentheilchen zu sehen giebt. Eine chemische Einwirkung hat noch nicht stattgefunden. Erhitzt man aber dieses Gemenge, so findet nun eine Zersetzung statt. Der rothe Zinnober verschwindet und es zeigen sich metallisch glänzende kleine Tröpfchen, welche leicht als Quecksilber zu erkennen sind, ausserdem entsteht eine grauschwarze Masse, welche die uns schon bekannte Verbinduug, das Schwefeleisen ist.

Es hat sich nun ein Austausch der Bestandtheile vollzogen. An Stelle des freien Eisens ist freies Quecksilber getreten, und der Schwefel ist vom Quecksilber auf das Eisen übergegangen. Dass der Process gerade in dieser Weise verläuft, hat seinen

---

mit B oder mit C verbinden können. Hat es zu B mehr Verwandtschaft als zu C, so entsteht hier die Verbindung AB, im anderen Falle wird AC gebildet. Hat andererseits B zu C eine grössere Verwandtschaft als zu A oder als A zu C, so entsteht die Verbindung BC. Die Folge des ersten Falles wird ferner sein, dass eine Verbindung von B mit C also BC durch A zersetzt wird, so dass sich AB bildet und C in Freiheit gesetzt wird.

Der Ausdruck „Verwandtschaft" ist übrigens nicht der beste den man wählen konnte. Er entspricht einer unrichtigen Vorstellung von dem Wesen der chemischen Anziehungskraft, da er die Andeutung enthält, dass diejenigen Körper sich am leichtesten mit einander verbinden, welche am nächsten mit einander verwandt sind, eine Ansicht, welche der heutigen, richtigeren gerade entgegengesetzt ist.

Uebrigens wird dieser Ausdruck vielfach gebraucht, und insofern man denselben nicht allzugenau nach seiner eigentlichen Wortbedeutung nimmt, ist er anwendbar. Man hat vielfach an Stelle des Wortes „Verwandtschaft" das Wort „Affinität" gebraucht, und geglaubt, damit etwas Besseres gefunden zu haben. Insofern dieses Wort als ein Fremdwort in seiner eigentlichen Wortbedeutung von Vielen nicht so genau genommen wird, kann es als das Bessere angesehen werden. Da die Einführung einer neuen Bezeichnung an Stelle alter, wenn auch nicht ganz correcter nicht gerade immer practisch ist, da hierdurch die Anzahl der Bezeichnungen nur noch vermehrt würde, so wollen wir uns an den Ausdruck Affinität halten, der also die Anziehungskraft, welche zwischen den kleinen Massentheilchen wirkt, und zu chemischer Vereinigung Veranlassung giebt, bezeichnet.

An Stelle des Wortes Wahlverwandtschaft, wollen wir ebenfalls kein Neues setzen, wenn es auch wie gesagt, nicht das Beste ist. Die hier gegebene Auseinandersetzung wird wohl falsche Auffassungen zu verhindern im Stande sein.

Grund in der grösseren Affinität des Eisens zum Schwefel als zum Quecksilber, und dass überhaupt eine Zersetzung möglich ist, seinen Grund darin, dass Eisen sich bei höherer Temperatur leichter mit Schwefel vereinigt als Quecksilber, dass also die Affinität des Eisens zum Schwefel unter den genannten Verhältnissen grösser ist als die des Quecksilbers.

Wer die Lehre von den Aequivalenten richtig verstanden hat, wird sogleich einsehen, dass bei dem genannten Process, ebenso wie bei den schon angeführten, bestimmte Gewichtsverhältnisse der einzelnen Körper in Wirksamkeit treten müssen.

Es entsteht also Schwefeleisen, welches, wie wir wissen, mit 28 Theilen Eisen 16 Theile Schwefel verbunden enthält. Es muss demnach, soll durch das Eisen sämmtlicher Schwefel des Zinnobers gebunden sein, das Verhältniss von Eisen zu Zinnober sein wie 28 zu 116, welche Menge Zinnober neben 100 Quecksilber 16 Schwefel enthält. In Berücksichtigung dieser Gewichtsverhältnisse können wir den ganzen chemischen Process durch eine chemische Gleichung ausdrücken.

$$\text{I.} \quad \underset{\underset{116}{\underline{100.16}}}{HgS} + \underset{28}{Fe} = \underset{\underset{44}{\underline{28.16}}}{FeS} + \underset{100}{Hg}.$$

Ein Ausdruck, der alles enthält, was zur Bezeichnung des Processes nothwendig ist. Die unter denselben gesetzten Zahlen sind unnöthig, und hier nur hergeschrieben um nochmals an die Bedeutung der Buchstaben zu erinnern.

Um noch einige andere Beispiele einfacher Zersetzungen anzuführen, wollen wir eines Versuchs gedenken, der sehr leicht anzustellen ist. Bringt man ein Stückchen Metall Natrium auf Wasser, so bemerkt man sogleich eine heftige Einwirkung: die Affinität des Natriums zu dem Sauerstoff des Wassers ist so gross, dass schon bei gewöhnlicher Temperatur eine Zersetzung desselben erfolgt. Die Producte dieser Zersetzung sind Wasserstoff und eine Verbindung des Natriums mit Sauerstoff, des sogenannten Natriumoxyds oder Natron. Das Wasser wird durch das Natrium vollständig zerlegt, und indem bestimmte Verhältnisse von beiden Stoffen aufeinander einwirken, entstehen die genannten Producte. Diese Zersetzung lässt sich durch folgende Gleichung ausdrücken:

$$\text{II.} \quad \underset{\underset{\text{9 Wasser}}{\underline{1.8.}}}{HO} + \underset{\underset{\text{Natrium}}{23}}{Na} = \underset{\underset{\text{31 Natron}}{\underline{23.8.}}}{NaO} + \underset{\underset{\text{Wasserstoff}}{1.}}{H}$$

Wir sehen hier, dass an die Stelle des Wasserstoffs im Wasser Natrium getreten ist, und zwar 23 Thle. Natrium für 1 Th.

Wasserstoff. Wird der sogenannte Kupfervitriol, welcher eine Verbindung von Kupfer, Sauerstoff und Schwefel ist, — die näheren Bestandtheile dieser Verbindung sind Kupferoxyd und Schwefelsäure, — in Wasser gelöst, mit Eisen zusammengebracht, so scheidet sich alsbald metallisches Kupfer ab, und an Stelle des abgeschiedenen Kupfers tritt das Eisen, welches sich hierbei auflöst.

Die Menge von Kupfer, die sich nun abscheidet, steht zur Menge des Eisens, welche sich auflöst in einem ganz bestimmten Verhältniss. Für je 31,7 Thle. abgeschiedenen Kupfers lösen sich 28 Theile Eisen. Dieses Verhältniss steht ein für allemal fest. Die eisenhaltige Verbindung, welche entsteht, ist analog zusammengesetzt wie der Kupfervitriol, und enthält nur an Stelle des Kupfers, Eisen. Wir können für die beschriebene Zersetzung eine Gleichung aufstellen:

$$\text{III.}\quad \underbrace{\underbrace{\overset{31{,}7.\ 8.}{Cu\ O}}_{49.\ 8.}\ \underbrace{\overset{16.\ 3\times 8}{S\ O_3}}_{24 \atop 40}}_{79{,}7} + \overset{28}{Fe} = \underbrace{\overset{28.\ 8.\ 40}{FeOSO_3}}_{76} + \overset{31{,}7.}{Cu}$$

Kupfervitriol Eisen Eisenvitriol Kupfer

Diese Gleichung drückt aus, dass ein Aequivalent Kupfer durch ein Aequivalent Eisen vertreten, oder dass ein Aequivalent Kupfervitriol durch ein Aequivalent Eisen zersetzt wird.

Das Metall Zink wirkt auf eine Verbindung, die man Schwefelsäure nennt, zersetzend ein. Es bildet sich eine Verbindung des Zinks und Wasserstoff wird ausgeschieden. Hier sehen wir eine Vertretung von Wasserstoff durch Zink, und zwar in äquivalenten Mengen. Ein Th. Wasserstoff wird ersetzt durch 32,5 Thle. Zink, oder ein Aequivalent Wasserstoff durch ein Aequivalent Zink.

Die Gleichung für diese Zersetzung ist:

$$\text{IV.}\quad HOSO_3 + Zn = ZnOSO_3 + H$$

Schwefelsäure Zink Zinkvitriol Wasserstoff.

Auch diese Gleichung drückt wie alle chemischen Gleichungen zugleich aus, wie grosse Mengen der fraglichen Stoffe in Wirkung treten.

Ausser diesen genannten Zersetzungen giebt es noch die Zersetzungen durch doppelte Wahlverwandtschaft, oder besser die sog. Wechselzersetzungen. Hierbei treten mindestens vier Elemente in Wirksamkeit, indem stets zwei Verbindungen, die beide natürlich aus mindestens zwei Elementen bestehen müssen, aufeinander einwirken. Wir können zum Voraus an allgemeinen Formeln diese Art von Zersetzungen erklären. Es seien zwei Verbindungen, AB und CD, die auf einander einwirken, so kann

daraus entstehen AC und BD oder AD und BC. Es richtet sich nun ganz nach dem Grade der wechselseitigen Affinitäten, ob die einen oder die anderen Producte entstehen.

Das Chlorsilber, bestehend aus Silber und Chlor, wird durch Bromkalium, bestehend aus Kalium und Brom, zersetzt, und zwar wirken beide Verbindungen in bestimmten Gewichtsverhältnissen aufeinander. Es könnte nun entstehen entweder eine Verbindung von Brom mit Silber und nebenbei Chlorkalium oder auch eine Verbindung von Silber mit Kalium und eine solche von Chlor mit Brom. Die Zersetzung geht in der ersten Weise vor sich. Da wir es hierbei wie immer auch mit Aequivalentenmengen zu thun haben, so lassen sich Zersetzungsgleichungen aufstellen:

V.	$AgCl$	+	KBr	=	$AgBr$	+	KCl
	Chlorsilber		Bromkalium		Bromsilber		Chlorkalium

Eine ähnliche Zersetzung zeigen Queksilberchlorid und Jodkalium miteinander. Die Gleichung für dieselbe macht sie verständlich:

VI.	$HgCl$	+	KJ	=	HgJ	+	KCl
	Quecksilberchlorid		Jodkalium		Quecksilberjodid		Chlorkalium

Salpetersaurer Baryt, bestehend aus einem Bestandtheil der Salpetersäure und einer Sauerstoffverbindung des Bariums, zersetzt sich mit dem schwefelsauren Natron nach folgender Gleichung:

VII.	$BaONO_5$	+	$NaOSO_3$	=	$BaOSO_3$	+	$NaONO_5$
	Salpetersaurer Baryt		Schwefelsaures Natron		Schwefelsaurer Baryt		Salpetersaures Natron

Die vier näheren Bestandtheile der beiden Verbindungen tauschen wechselseitig ihre Plätze.

Bei der Zersetzung des Höllensteins durch Salzsäure haben wir den zweiten Fall. Höllenstein enthält Silber, Sauerstoff und den schon genannten Bestandtheil der Salpetersäure.

Salzsäure besteht aus Wasserstoff und Chlor.

Es entsteht eine Verbindung von Silber mit Chlor Chlorsilber und Salpetersäure selbst. Die Gleichung:

VIII.	$AgONO_5$	+	HCl	=	$AgCl$	+	$HONO_5$
	Höllenstein oder salpetersaures Silberoxyd		Salzsäure		Chlorsilber		Salpetersäure

Hiermit sei die Reihe von Beispielen beschlossen und wir wollen nun betrachten, welche Folgerungen sich aus dem Gesagten ziehen lassen. Bei allen diesen Zersetzungen sehen wir Vertretungen vor sich gehen von Elementen durch andere, oder von Verbindungen durch andere. Wir sehen in gewissem Sinne diese sub-

stituirenden Elemente oder Verbindungen dieselbe Rolle spielen wie die Substituirten. Wir sehen Erstere also gleichwerthig oder „aequivalent“ mit Letzteren und wie immer ganz bestimmte Mengen der Elemente und Verbindungen in Wirksamkeit treten, so sehen wir auch ganz bestimmte Mengen derselben einander gleichwerthig. In Gleichung I treten 28 Eisen an die Stelle von 100 Quecksilber. 28 Eisen sind also gleichwerthig 100 Quecksilber. In II sehen wir 23 Natrium gleichwerthig 1 Wasserstoff. In IV 32,5 Zink, in VIII 108 Silber gleichwerthig 1 Wasserstoff. In III 28 Eisen und 31,7 Kupfer gleichwerthig. In V 108 Silber und 39,1 Kalium ebenso wie 35,5 Chlor und 80 Brom, in VI. 39,1 Kalium und 100 Quecksilber, und schliesslich in VII.

BaO	und NaO	ebenso wie NO_5	und SO_3 gleichwerthig.
$66,6. \times 8$	$33.\ 8.$	$14.\ 5 \times 8.$	$16.\ 3 \times 8$
76,6	21	54	40

Jetzt wird auch der Ausdruck „Aequivalent“ verständlich. Wir sehen ja die als Aequivalent bezeichneten Mengen der Elemente sowohl wie der Verbindungen vielfach gleichwerthig. Eine solche Gleichwerthigkeit lässt sich für sämmtliche Metalle nachweisen, und wenn auch nicht von einer Gleichwerthigkeit aller Elemente und Verbindungen untereinander gesprochen werden kann, so ist doch zur Genüge der Ausdruck Aequivalent gerechtfertigt.

Classification.

Nachdem wir im Vorhergehenden das Wesen der chemischen Processe, so weit es für's Erste verständlich ist, besprochen haben, wollen wir uns nun zu den allgemeinen Betrachtungen wenden, welche als Einleitung in das Studium der Verbindungen, vom chemischen Standpunkte aus, dienen.

Zunächst liegt uns die Aufgabe ob, eine möglichst scharfe und genaue Classification der Körper von unserem Gesichtspunkte aus zu geben.

Wir kommen dabei zu allererst auf den grossen Unterschied der einfachen und zusammengesetzten Körper.

I. Einfache Körper oder Elemente.

Was Elemente sind, ist Seite 6 schon gesagt worden. Man kennt deren mit ziemlicher Sicherheit 63, die sich in zwei Klassen eintheilen lassen. Die eine Klasse enthält die Metalle und die andere Klasse die Nichtmetalle oder Metalloide. In beiden Klassen sind Elemente, welche im höchsten Grade die Klasseneigenthümlichkeiten zeigen, während in beiden noch solche sind,

die wenig ausgeprägte Charaktere für den Zweck dieser Classification besitzen. Die Elemente von Nummer 1—14 sind deutlich als Nichtmetalle bezeichnet, ebenso wie die von 17—63 bestimmt Metalle sind. Dagegen sehen wir in den beiden Elementen Arsen und Antimon Körper vor uns, die weder als Metalle noch als Metalloide deutlich charakterisirt sind, daher auch viele Chemiker sie als Nichtmetalle, andere sie als Metalle beschreiben.

Ueberhaupt ist der Unterschied zwischen Metalloiden und Metallen nur an einigen Elementen deutlich, während viele andere gewissermassen Uebergangsstadien bezeichnen. So lässt sich die ganze Anzahl der Elemente in eine Reihe einordnen, deren äusserste Glieder, wie sie in der Reihe am entferntesten von einander sind, auch in ihren Eigenschaften am weitesten von einander abweichen, so dass sich in ihnen in ausgeprägtester Weise die Klasseneigenthümlichkeiten vertreten finden.

Eine bestimmte Grenzscheide, wo die eine Klasse aufhört und die andere beginnt, lässt sich in dieser Reihe nicht feststellen.

Betrachten wir übrigens die beiden Klassen etwas genauer, so bemerken wir, dass ihr Character, sowohl durch ihre rein physikalischen Eigenschaften, als Glanz, Farbe, Härte, Gewicht etc., als auch namentlich durch ihre chemischen Eigenschaften bedingt wird, d. h. durch die Fähigkeit mit gewissen Elementen bestimmte Arten von Verbindungen zu bilden.

A. Metalloide.

Dieselben sind die 14 ersten Glieder der auf Seite 9 gegebenen Reihe. Die Metalloide kennen wir in den drei verschiedenen Aggregatzuständen, als fest, flüssig und luft- oder gasförmig. Die gasförmigen sind:

Sauerstoff O.
Wasserstoff H.
Stickstoff N.
Chlor Cl.
Fluor Fl. (?)

Flüssig ist das Brom, Br., und fest die übrigen. Einige derselben können in einen anderen Aggregatzustand verwandelt werden, als den sie gewöhnlich einnehmen. So lässt sich das Chlor durch Druck und Kälte in eine Flüssigkeit verwandeln. Das Brom erstarrt bei niederer Temperatur, und verwandelt sich beim Erhitzen in Dampf, und hat also dann den gasförmigen Zustand angenommen. Auch die festen Metalloiden lassen sich zum Theil in andere Aggregatszustände überführen.

Die Metalloide haben mit wenig Ausnahmen keinen Glanz, sind nicht Leiter der Electricität, und können nicht magnetisch

gemacht werden. Hauptsächlich sind sie aber durch den chemischen Charakter ihrer Verbindungen ausgezeichnet. Derselbe wird bei den Verbindungen selbst besprochen werden.

B. Metalle.

Dieselben sind mit Ausnahme des Quecksilbers fest, lassen sich aber mehr oder weniger leicht verflüssigen und viele auch in Dampf verwandeln. Sie zeigen alle in reinem Zustande einen eigenthümlichen Glanz, den man Metallglanz nennt. Das Gold und Silber besitzen denselben in hohem Grade, aber, wenn auch schwächer, glänzen alle Metalle. Die Metalle sind vortreffliche Leiter der Electricität und Wärme und viele haben die Eigenschaft magnetisch zu werden. Die Metalle sind zum Theil sehr dehnbar und lassen sich zu Blech und Drath auswalzen und ziehen.

Aber namentlich ist es auch wieder der chemische Charakter derselben, welcher sie von den anderen Elementen unterscheidet. Darüber wird bei den Verbindungen noch mehr gesagt werden.

II. Zusammengesetzte Stoffe. Verbindungen.

Betrachten wir die Gesammtheit der Verbindungen, so drängt sich uns vor allem eine Unterscheidung in zwei Hauptklassen auf, deren Glieder durch ihr Vorkommen in der Natur oder durch ihren Zusammenhang mit solchen Körpern sich von einander unterscheiden. Aber auch hier können wir, wie überall, keinen schroffen Unterschied machen, sondern es zeigen sich so mannigfaltige Uebergänge der beiden Klassen ineinander, dass die Feststellung einer Grenze ungemein schwer, ja bis heute noch nicht mit Sicherheit gelungen ist.

Die Unterscheidung gründet sich also auf das Vorkommen der Körper in der Natur, in der todten wie lebenden Natur. Wie man die todte Natur das Mineralreich nennt, so kann man die in derselben vorkommenden Körper mineralische Körper nennen, und im Gegensatz hierzu alle in der lebenden Natur vorkommenden Körper als organische, von einem Organismus abstammende, bezeichnen. Der Unterschied zwischen mineralischen oder unorganischen Verbindungen und organischen Verbindungen ist also hauptsächlich auf ihre Abstammung gegründet. Will man aber einer Verbindung ihren Platz in einer der beiden Klassen anweisen, so darf man gewiss nicht allein darauf gehen. Sind ja doch z. B. die Pflanzen fast ausschliesslich auf eine Nahrung angewiesen, die sie dem Boden, also einem mineralischen Stoffe, oder der Luft, ebenfalls einem der mineralischen Natur

angehörenden Stoffe entziehen. Die Pflanzen nehmen also fast ausschliesslich anorganische Verbindungen als Nahrungsmittel auf, und wenn auch bei weitem der grösste Theil derselben in der Pflanze eine wesentliche Umwandlung erleidet, so dass die entstehenden Producte als Erzeugnisse des Pflanzenlebens, mithin als spezifische Pflanzenkörper angesehen werden müssen, so wird doch auch ein Theil derselben unverändert in den Organismus der Pflanzen aufgenommen, und wenn sie auch als Bestandtheile der Pflanze angetroffen werden, so gehören sie doch in die mineralische Natur, und die Pflanze ist nur ihr Träger. Andererseits ist man im Stande Verbindungen aus entschieden mineralischen Stoffen herzustellen, die aber so sicher zur organischen Natur gehören, wie das Blut und das Eiweiss. Die Abstammung dieser Verbindung aus der mineralischen Natur darf uns nicht verleiten, sie zu den anorganischen Verbindungen zu zählen.

So bedeutend also auch der Unterschied bei vielen Verbindungen der beiden Klassen, so können wir doch der Natur der Sache nach keine strenge Unterscheidung machen. Man hat sich nun vereinigt, eine bestimmte Klasse von Verbindungen als organische zu bezeichnen, und nennt dann alle anderen anorganische oder unorganische. Das Studium beider Klassen von Verbindungen hat sich in der neueren Zeit mehr und mehr getrennt, und so giebt es heute gleichsam zwei Wissenschaften. Eine organische Chemie und eine anorganische Chemie. Für beide Theile sind in vielen Fällen so verschiedenartige Gesichtspunkte massgebend, dass eine bestimmte Trennung nothwendig ist. Da nun vielfach zum Studium der organischen Chemie die Kenntniss der anorganischen nothwendig ist, so behandeln wir zunächst nur die letztere, und verschieben die organische Chemie auf einen späteren Abschnitt, indem wir nur bemerken, dass bis auf wenige Ausnahmen sämmtliche Verbindungen des Kohlenstoffs als organische behandelt werden.

Die anorganischen Verbindungen kann man ihrem chemischen Character nach in drei Hauptklassen eintheilen:

1. Klasse der Säuren,
2. Klasse der Basen,
3. Klasse der indifferenten Körper,

Die drei Klassen unterscheiden sich durch mehrere Eigenschaften von einander, aber auch hier lässt sich eine schroffe Scheidung nicht machen, insofern es Verbindungen giebt, die sowohl der einen als auch einer anderen Klasse angehören können. Wir haben auch hier wieder einen allmähligen Uebergang von denjenigen Verbindungen, die entschiedene Säuren sind, zu solchen, die entschiedene Basen sind u. s. w.

Betrachten wir nun speciell die Unterschiede, wenigstens in so weit als sie bestimmt sind, so haben wir zunächst das Ver-

halten der Säuren und Basen gegen gewisse Pflanzenfarbestoffe, wie Lackmus, Curcuma, Alizarin und einige andere, und besonders auch ihr Verhalten gegen Cyanin. In Bezug auf die Eigenschaften dieser Körper siehe org. Chemie. Wir sehen dann vor Allem, dass die Wirkung der Säuren und Basen einander entgegen gesetzt sind, dass die Wirkung einer Säure durch eine Base aufgehoben wird, so zwar, dass bestimmte Gewichtsmengen der Säuren geradezu neutralisirt werden durch bestimmte Gewichtsmengen der Basen.

1. Säuren und Basen.

Bringt man in eine wässrige Lösung des Lackmusextractes, welche blau gefärbt ist, eine auch nur geringe Menge der Auflösung einer Säure, so wird dieselbe augenblicklich roth, und zwar je nach der Stärke der Säure, weinroth bis zwiebelroth. Eine weingeistige rothviolette Alizarinlösung wird durch Säuren gelbroth gefärbt, und die schöne blaue wässrige Lösung von Cyanin wird selbst durch die schwachen Säuren vollständig entfärbt. Hat man sich so die genannten farbestoffhaltigen Lösungen bereitet, so beobachtet man auf Zusatz von in Wasser gelösten Basen folgendes:

Die rothe Lackmuslösung wird gebläut, die rothgelbe Alizarinlösung wird zuerst rothviolett, und weiter dunkelviolett und die Cyaninlösung erlangt ihre schöne blaue Farbe wieder. Aus diesen Versuchen ist ersichtlich, dass die Basen die Wirkung der Säuren vernichten können; ausserdem ersehen wir daraus, dass man im Stande ist, mit Hülfe der genannten Farbestofflösungen zu erkennen, ob eine Substanz eine Säure oder eine Base ist, besser ob sie sauer oder alkalisch reagirt, denn nicht alle wirklichen Basen zeigen die genannten Eigenschaften, aber nur aus dem Grunde, weil nicht alle Basen in Waser löslich sind und nur Lösungen eine Farbenveränderung hervorrufen können.

Als besondere Eigenschaft der Basen haben wir noch das Verhalten derjenigen, welche in Wasser löslich sind, gegen Curcuma zu erwähnen. Der gelbe weingeistige Auszug der Curcumawurzel, wird nämlich durch solche Basen braun gefärbt, welche braune Färbung übrigens durch Säuren zum Verschwinden gebracht wird.

Will man das Verhalten der Säuren und Basen gegen diese Farbestoffe zur Erkennung saurer oder alkalischer Reaction benutzen, so bedient man sich sowohl der wässrigen oder weingeistigen Lösungen derselben, als auch sehr vielfach eines mit solchen Lösungen getränkten Papiers. Blaues Lackmuspapier stellt man sich dar, indem man Streifen ungeleimten Papiers mit blauer

Lackmustinktur tränkt und trocknen lässt. Ein Stückchen dieses Papiers in eine saure Flüssigkeit getaucht, färbt sich roth. Ebenso häufig verwendet man rothes Lackmuspapier, was man erhält, wenn man das blaue mit Essig befeuchtet, und nachher trocknet. Dieses rothe Papier wird blau, sobald die Lösung einer alkalisch reagirenden Substanz damit in Berührung kommt.

Die hier besprochenen Eigenschaften kommen übrigens nicht allein den Säuren und Basen zu, sondern es giebt eine ganze Anzahl von Körpern, die weder Säure noch Base sind, und doch sauer oder alkalisch reagiren.

Als wirkliche Säuren sind zu neunen: Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, Kohlensäure, und als wirkliche Basen das Kali (woher die Benennung alkalisch), das Natron, der Kalk u. s. w. Diese Körper wirken energisch auf die genannten Farbestoffe, aber ebenso thun dies Körper, wie Zinkvitriol, das keine Säure ist, und blauen Lackmus röthet, und Alaun, der sich gleich verhält, Potasche oder Soda, welche beide keine Basen sind, und doch den rothen Lackmus bläuen.

Wir sehen also, dass dies Verhalten der Säuren und Basen gegen diese Farbestoffe nicht zu ihrer Charakterisirung genügt, und wollen deshalb noch andere Kriterien betrachten. Wir müssen nun, wie schon gesagt, im Auge behalten, dass eine schroffe Trennung der Säuren und Basen nicht vorzunehmen ist.

Der chemische Charakter eines Elementes oder einer Verbindung der eben zur Unterscheidung dieser beiden Klassen von Verbindungen dient, tritt nur in der Art und Weise seines Verhältnisses zu anderen Körpern hervor, und so kann derselbe je nach der Natur des zweiten Körpers sehr verschieden erscheinen. Die Thonerde, ein Bestandtheil des gewöhnlichen Thones wird gewöhnlich als eine Base angesehen. Gegenüber gewissen Säuren, wie Schwefelsäure, Salzsäure, welche den sauren Charakter sehr ausgeprägt besitzen, erscheint dieselbe auch als Base, indem sie sich mit demselben vereinigen kann. Gegenüber so entschiedenen Basen wie das Kali und das Natron verhält sich die Thonerde wie eine Säure. Beide Charaktere kommen zum Vorschein, je nach der Natur der Substanz, mit welcher sich die Thonerde vereinigt. Und dennoch lässt sich gerade das Verhalten der Säuren und Basen bei der Vereinigung mit Basen und Säuren zur Erkennung, ob ein Körper eine Säure oder eine Base ist, benutzen, indem bei solchen Verbindungen, wie Thonerde, hauptsächlich die Analogie mit anderen Basen in anderer Beziehung für deren Natur als Base entscheidend sein könnte, wenn es überhaupt auf eine bestimmte Einreihung in eine der beiden Klassen ankäme.

Wir nennen alle diejenigen Körper Säuren, welche sich mit Basen vereinigen unter Bildung eines sog. S a l z e s und umgekehrt

nennt man alle diejenigen Verbindungen Basen, welche sich mit entschiedenen Säuren zu Salzen vereinigen.

Hiermit ist die wichtigste Eigenschaft dieser Klasse von Verbindungen bezeichnet. Es entstehen durch Vereinigung (!) von Säuren und Basen Salze, und wie dies aus dem zu Anfang üder das Wesen einer chemischen Vereinigung Gesagten hervorgeht, geschieht dieselbe auch hier nach bestimmten Proportionen, und nun ist das Seite 27 über die gegenseitige neutralisirende Wirkung der Säuren und Basen verständlich

Wir bedürfen, wollen wir auch hier die Gewichtsverhältnisse der Säuren uud Basen angeben, nicht mehr das Zurückgehen auf die unmittelbar durch die Analyse gefundenen Zahlen, sondern da wir uns schon mit dem Begriff des Aequivalents, sowohl der Elemente als auch der Verbindungen vertraut gemacht haben, können wir direct sagen, die Vereinigung von Säuren und Basen muss in der Art geschehen, dass eine gewisse Anzahl von Aequivalenten Säure sich mit einer entweder gleich grossen oder anderen Anzahl von Aequivalenten der Basen verbinden. Es ist da noch nicht der Ort, wo diese Verbindungsverhältnisse eingehender besprochen werden können.

Es soll vorläufig nur über die Natur der Säuren und der Basen, soweit sie auf diese Verhältnisse Einfluss haben, erörtert werden.

Ehe wir abschliessen, wollen wir nur eines Ausdrucks gedenken, den man sehr häufig gebraucht. Man nennt eine Säure oder Base nämlich eine starke oder schwache Säure oder Base, wenn sie die specifische Classeneigenthümlichkeit sehr stark oder schwach zeigt. Schwefelsäure ist eine starke Säure und Kali eine starke Base, Kohlensäure ist eine viel schwächere Säure und Eisenoxyd eine schwächere Base. Die Begriffe sind natürlich relativ.

A. Säuren.

Säuren entstehen durch Vereinigung vieler Körper mit anderen. Die wichtigsten sind diejenigen, welche Sauerstoff enthalten. Meistens sind es Metalloidverbindungen, Die Besprechung der anderen Arten von Säuren verschieben wir auf später.

Hat man durch die chemische Analyse die Zusammensetzung einer Säure festgestellt, so ergiebt sich hieraus noch nicht immer die Formel derselben, da das Aequivalent der Verbindung noch nicht bekannt ist. Zur Ermittelung des Aequivalentes einer Säure muss man untersuchen, in welchem Verhältniss sie sich mit gewissen Basen verbindet. Es versteht sich nun von selbst, dass man bei diesen Untersuchungen von einer Einheit ausgehen muss, auf welche alle Zahlengrössen bezogen werden, d. h. man muss

das Aequivalent oder die Formel einer Säure oder einer Base kennen, um die Aequivalente oder Formeln der anderen Säuren oder Basen bestimmen zu können. Wir verschieben die Beschreibung dieser Versuche und Berechnungen auf ein späteres Kapitel, und stellen hier nur, insoweit dies zum Verständniss nothwendig, die Resultate zusammen.

Eine Säure, wie die Salpetersäure, deren Formel NO_5HO oder NO_6H oder NO_4O_2H ist, vermag sich mit Natron, dessen Formel NaOHO oder NaO_2H, zu vereinigen bez. zu zersetzen, und zwar treten von beiden Körpern gleiche Aequivalente in Wechselwirkung.

Die Zersetzung lässt sich durch eine einfache Gleichung ausdrücken:

$$NaOHO + NO_5HO = NaONO_5 + HO + HO.$$

oder

$$Na\,O_2\,H + HNO_6 = Na\,NO_6 + HO_2H.$$

Diese beiden Gleichungen drücken dasselbe aus, obgleich sie, wie man auf dem ersten Blick glauben wird, verschieden sind. Die Anordnung der einzelnen Symbole ist verschieden, ohne dass die Bedeutung derselben eine andere ist.

In dem gegebenen Beispiel sehen wir eine Säure, welche entweder als eine Verbindung von NO_5 mit HO also mit einem Aequivalent Wasser anzusehen ist, oder als eine Verbindung von NO_6 mit einem Aequivalent Wasserstoff.

In beiden Formeln sieht man einen Ersatz von H durch Na nach der Zersetzung mit Natron, und dieser Wasserstoff bedingt die Basicität der Säure. Man nennt diese Säure einbasisch, weil sie ein Aequivalent Wasserstoff enthält, der durch ein Metall wie Natrium leicht ersetzt werden kann.

Unter einbasischen Säuren versteht man im Allgemeinen solche Säuren, welche sich mit einem Aequivalent Natron oder einer analogen Base zu einem Salze zersetzen, oder welche ein Aequivalent Wasserstoff enthalten, der leicht durch ein Aequivalent Natrium oder ein Aequivalent eines analogen Metalls ersetzt werden kann.

In sofern wir den chemischen Formeln vor der Hand noch keine weitere Bedeutung beilegen, als die, eine bestimmte Menge eines Körpers, und die einfachste Zersetzung auszudrücken, sind wir berechtigt, beide Formeln für die Salpetersäure und hiermit beide Definitionen ihrer Basicität nebeneinander zu gebrauchen.

Gegenüber den einbasischen Säuren sind die mehrbasischen Säuren zu bemerken.

Zunächst die zweibasischen. Die Pyrophosphorsäure sei als ein Beispiel dieser Säure aufgeführt. Die Formel derselben

kann geschrieben werden: $PO_5\,2HO$ oder auch PO_7H_2. Ihre zweibasische Natur ist bezeichnet durch 2HO oder H_2. Sie giebt mit Magnesia ein Salz, welches an Stelle von H_2 in der Säure zwei Aequivalente Magnesium enthält. Die Formel dieser Verbindung ist $PO_5\,2MgO$ oder $PO_7\,Mg_2$. Die Pyrophosphorsäure, und wie sie alle zweibasischen Säuren, haben übrigens die Eigenschaft, noch eine andere Reihe von Salzen zu bilden. Mit Natron giebt die Pyrophosphorsäure zwei Salze. Das eine hat die Formel $PO_5\,2NaO$ oder PO_7Na_2 und dieses wird das neutrale Salz genannt. Das andere hat die Formel PO_5 HO . NaO oder PO_7 HNa und wird das saure Salz genannt. Im ersten Salz ist die Pyrophosphorsäure gesättigt, dagegen im zweiten überwiegt die Säure, und desshalb nennt man es ein saures Salz.

Die zweibasischen Säuren bilden also zwei Reihen von Salzen, saure und neutrale.

Auch ein Beispiel einer dreibasischen Säure sei erwähnt.

Die gewöhnliche Phosphorsäure, deren Formel $PO_5\,3HO$ oder $PO_8\,H_3$ geschrieben werden kann. Sie bildet mit Natron drei Salze, und ebenso mit anderen Basen.

Die Formeln der Natronsalze sind:

PO_5 3NaO oder PO_8Na_3 neutrales Salz.
PO_5 2NaO.HO oder PO_8Na_2H. einfach saures Salz.
PO_5 NaO.2HO oder PO_8NaH_2 zweifach saures Salz.

Die dreibasischen Säuren bilden drei Reihen von Salzen.

B. Basen.

Auch bei den Basen können wir eine Eintheilung in diesem Sinne machen. Das Natron ist eine sogen. einsäurige Base, weil es ein Aequivalent Wasser oder ein Aequivalent Wasserstoff enthält, welches bei der Bildung eines Salzes ausgeschieden wird.

NaO HO oder NaO_2H giebt mit Salpetersäure

entweder nach folgender Gleichung:

$$NaOHO + NO_5\,HO = NaONO_5 + HO + HO.$$

oder nach folgender Gleichung:

$$NaO_2H + NO_4\,O_2H = NaO_2NO_4 + HO_2H.$$

eine Zersetzung.

Das Zinnoxyd und das Platinoxyd sind zweisäurige Basen, weil sie sich mit zwei Aequivalenten einer einbasischen Säure zersetzen.

Das Eisenoxyd und die Thonerde oder Aluminiumoxyd sind

dreisäurige Basen, denn sie bilden mit drei Aequivalenten einbasischer Säure Salze.

Wie die mehrbasischen Säuren saure und neutrale Salze zu bilden im Stande sind, so vermögen mehrsäurige Basen basische und neutrale Salze zu bilden.

Werfen wir schliesslich noch einen Blick auf die sogenannte Constitution der Säuren und Basen, d. h. auf die Art und Weise, wie sie aus näheren Bestandtheilen zusammengesetzt sind, so bemerken wir, dass sie sämmtlich je nach der Basicität oder Acidität 1, 2 oder 3 etc. Aequivalente Wasserstoff und 2, 4, 6 etc. Aequivalente Sauerstoff enthalten, neben einem anderen Bestandtheil der lediglich den Charakter der Substanz bedingt. Man nennt diesen Theil das Radical und entweder Säureradical oder Radical der Base.

z. B. Salpetersäure	$\mathbf{NO_4}$	O_2 H.	einbasisch
gew. Phosphorsäure	$\mathbf{PO_2}$	O_6 H_3	dreibasisch
Natron	**Na**	O_2 H.	einsäurig
Thonerde	$\mathbf{Al_2}$	O_6 H_3	dreisäurig.

Die fett gedruckten Zeichen bedeuten die Radicale dieser Säuren und Basen, und haben je nach der Basicität oder Acidität der Säure oder Base eine verschiedene Werthigkeit in Bezug auf ihre Vereinigungsbestreben mit andern Körpern, so zwar, dass das Radical einer einbasischen Säure einwerthig ist und das einer zweibasischen Säure zweiwerthig u. s. w., so ist also NO_4 einwerthig und PO_2 dreiwerthig. Ebenso ist das Radical einer einsäurigen Base einwerthig, und das einer zweiwerthigen Base zweiwerthig u. s. w.

Wir wollen dies durch Indices ausdrücken, welche über die Zeichen selbst gesetzt werden, also durch $\overset{I}{NO_4}$ $\overset{III}{PO_2}$ $\overset{I}{Na}$ $\overset{III}{Al_2}$ u. s. w. Diese Werthigkeit hat insofern Bedeutung, als durch dieselbe ausgedrückt wird, wie viel Aequivalente Wasserstoff in einer Base oder Säure durch ein Radical vertreten werden kann. $\overset{I}{NO_4}$ kann H vertreten, $\overset{III}{PO_2}$ dagegen H_3. So bilden sich also die Salze dieser Säuren und Basen entweder indem das Radical der Säure an Stelle von H der Base, oder indem das Radical der Base an Stelle von Wasserstoff der Säure tritt:

z. B. $\overset{I}{NO_4}$ O_2 H giebt mit $\overset{I}{Na}$ O_2 H — $\overset{I}{Na}$ O_2 $\overset{I}{NO_4}$

oder $\overset{I}{NO_4}$ O_2 H „ „ „ $\overset{I}{NO_4}$ O_2 $\overset{I}{Na}$.

Man sieht, dass beide Ausdrücke identisch sind:

Ferner:

$\overset{III}{PO_2}\ O_6\ H_3$ giebt mit $3\overset{I}{Na}\ O_2\ H$ — $\overset{I}{Na_3}\ O_6\ \overset{III}{PO_2}$

oder $\overset{III}{PO_2}\ O_6\ H_3$ „ „ „ $\overset{III}{PO_2}\ O_6\ \overset{I}{Na_3}$.

Wir können übrigens die Säuren und Basen auch aus zwei Bestandtheilen zusammengesetzt betrachten: z. B. die Salpetersäure $NO_5\ HO$ aus NO_5 und HO, und diese Zweitheilung soll andeuten, dass sich Wasser den Säuren entziehen lässt, wobei dann Körper entstehen, die mit Wasser sich wieder zu Säuren vereinigen können. Man nennt diese Körper Anhydride der Säuren oder Basen, und betrachtet sie als die Sauerstoffverbindungen der Radicale. $NO_5 = \overset{I}{NO_4}\ O$ gleich Salpetersäureanhydrid. $PO_5\ 3HO$ ist Phosphorsäure, das Anhydrid der Säure ist $PO_5 = \overset{III}{PO_2}\ 3O$, welches sich mit Wasser zu Phosphorsäure vereinigt:

$$PO_5\ 3HO \text{ oder } \overset{III}{PO_2}\ O_3 + 3HO = \overset{III}{PO_2}\ O_3\ O_3\ H_3.$$

Diese Anhydride der Säuren und Basen sind nicht selbst als Säuren oder Basen zu betrachten, sondern nur als Bestandtheile derselben. Uebrigens werden die Zeichen für dieselben so häufig für die Säuren und Basen gebraucht, und ist es namentlich auch bei der Bezeichnung der Salze ein so ausgedehnter Gebrauch, dieselben, aus den Anhydriden der Säuren und Basen zusammengesetzt zu betrachten, dass wir uns dieses Ausdrucks ebenfalls bedienen wollen natürlich immer mit dem Vorbehalt, dass die andere Ausdrucksweise als die richtige anzusehen ist. Wir sagen dann geradezu, die Salze bilden sich durch directe Vereinigung der Anhydride von Säure und Base, und geben ihnen folgende Formeln: $NaO\ NO_5$ $Al_2O_3\ PO_5$ $3NaO\ PO_5$ u. s. w.

Die Werthigkeit der Anhydride ist dann ganz entsprechend derjenigen der Radicale, die in ihnen enthalten sind, und bezieht sich dieselbe auf ihre Fähigkeit Wasser zu ersetzen, insofern einwerthige Anhydride an die Stelle von ein Aequivalent Wasser treten u. s. w. Wir drücken dies Verhältniss einfach damit aus, dass wir sagen: die Anhydride sind dem Wasser aequivalent, ebenso wie sie untereinander gleichwerthig oder aequivalent sind:

NO_5 ist aequivalent HO. ($\overset{I}{NO_4}$ vertritt H)

PO_5 ist aequivalent $3HO$ ($\overset{III}{PO_2}$ vertritt H_3) u. s. w.

Die Formeln der Salze erhalten nach dieser Anschauung eine etwas einfachere Form, und aus diesem Grunde wollen wir sie hauptsächlich gebrauchen, zumal die mit Annahme von Radicalen geschriebenen Formeln zunächst noch entbehrlich sind, und nur

als Vorbereitung für Späteres dienen, weshalb sie nebenbei auch stets berücksichtigt werden sollen.

Hiernach werden die Seite 30 und 31 gebrauchten Formeln verständlich.

Ueber die Verhältnisse, in denen sich diese verschiedenen Arten von Säuren und Basen nun zu Salzen miteinander vereinigen, wollen wir bei den Salzen selbst sprechen.

2. Indifferente Stoffe.

Eine gewisse Art von indifferenten Stoffen haben wir schon kennen gelernt: Die Salze, welche in den früheren Paragraphen bereits vielfach erwähnt wurden.

Ausser diesen giebt es übrigens noch eine grosse Anzahl indifferenter Körper, die ebenfalls einer kurzen Besprechung bedürfen. Vorerst wollen wir jedoch noch einiges über die Salze mittheilen.

A. Salze.

Als Salze bezeichnet man eine eigenthümliche Klasse von Verbindungen, die meistens neutral reagiren, fest sind, und einen dem Geschmack des Kochsalzes ähnlichen Geschmack besitzen. Sie haben die Eigenschaft bei Ausscheidung aus ihren Lösungen bestimmte regelmässige Formen, deren Gestalt gewissen Gesetzen unterworfen ist, zu bilden, d. h. sie krystallisiren, die Einen gut, die Anderen schlecht, je nach ihren besondern Eigenschaften. Viele Salze lassen sich schmelzen ohne Zersetzung, und beim Erstarren bilden sich manchmal wieder die Krystalle. Wenn man eine solche geschmolzen gewesene Masse durchbricht, so sieht man auf der Bruchfläche deutlich das Krystallgefüge.

Oft kann man übrigens von einer deutlichen Krystallbildung nicht reden, weil die einzelnen Kryställchen zu klein sind, man nennt alsdann ein Salz „krystallinisch“, mit welchem Ausdruck überhaupt eine nicht vollkommene Krystallbildung bezeichnet wird.

In bei weitem den meisten Fällen wird die Krystallisation der Salze in der Weise vorgenommen, dass man sie aus Lösungen, meistens wässrigen Lösungen, durch Verdunsten des Lösungsmittels zur Abscheidung bringt. Es gilt hier nun als Regel, dass die Krystalle um so grösser und vollkommener ausgebildet sind, je langsamer die Abscheidung erfolgt.

Eine weitere höchst interessante Eigenthümlichkeit der Salze beim Krystallisiren ist die, dass viele derselben bei der Krystallbildung sich mit Wasser in einem durch Aequivalente ausdrück-

baren Verhältniss vereinigen. Dieses Wasser gehört nur den Krystallen an, und lässt sich leicht denselben entziehen, allerdings wird dann auch der Krystall zerstört. Der chemische Charakter ist aber durch die Anwesenheit des Wassers nicht verändert. Man nennt dieses Wasser Krystallisationswasser. So enthält das Glaubersalz in krystallisirtem Zustand 10 Aeq. Wasser und hat demnach die Formel: $NaOSO_3 + 10HO$. Vielfach bezeichnet man das Krystallwasser mit aq. und schreibt demnach diese Formel: $NaOSO_3 + 10aq$. Auch die krystallisirte Soda enthält Wasser und die Formel ihrer Krystalle ist $NaOCO_2 + 10aq$. Andere Salze, wie der Gyps, enthalten weniger Krystallwasser. Der unter dem Namen Alabaster in der Natur vorkommende krystallisirte Gyps enthält 2 Aeq. HO und hat demnach die Formel $CaOSO_3 + 2aq$.

Viele dieser Salze verlieren einen Theil ihres Krystallwassers schon bei gewöhnlicher Temperatur, d. h. sie verwittern wie die Soda, der Kupfervitriol etc. Meist geben sie jedoch ihre Krystallwasser erst beim Erwärmen ab; manche, wie das Glaubersalz schon bei verhältnissmässig niederer Temperatur, andere dagegen erst bei über 100 Grad der hunderttheiligen Thermometerscala. Dem ganz entsprechend ist auch die Erfahrung, dass viele Salze je nach der Temperatur, bei der sie sich aus ihren Lösungen abscheiden, sehr verschiedene Mengen von Krystallwasser aufnehmen. Ein interessantes Beispiel ist das schwefelsaure Manganoxydul. Dieses krystallisirt bei niederer Temperatur mit 7 Aeq. Wasser und bei etwas höherer Temperatur, zwischen 15 und 30°, mit 5 Aeq. Wasser in einer andern Form, bei noch höherer Temperatur scheidet es sich wasserfrei aus.

Ihrem chemischen Charakter nach gehören die Salze nur zum Theil zu den indifferenten Körpern, indem es, wie wir schon gesehen, saure und basische Salze giebt, welche deutlich sauer oder alkalisch reagiren, ebenso wie auch gewisse sogen. Neutralsalze eine saure oder alkalische Reaction gegen Pflanzenfarben zeigen. Man nennt abgesehen von dieser Reaction ein Salz neutral, wenn Säure und Base darin in einem ihrer Basicität und Acidität entsprechenden vollständigen Sättigungsverhältniss enthalten sind.

Wir wollen nun etwas näher die Zusammensetzung der Salze ins Auge fassen. Wir können dieselbe in gewissem Sinne als aus zwei Theilen bestehend auffassen, nämlich aus der wasserfreien Base und der wasserfreien Säure, und demnach die Formel, z. B. des salpetersauren Natrons schreiben $NaO\,NO_5$. Es ist dies der Ausdruck der sogenannten dualistischen Ansicht, der allerdings in vieler Beziehung äusserst bezeichnend ist, insofern durch denselben auf die Entstehung der Salze, nämlich Vereinigung von Säure und Base, wie sie scheinbar ist, hingewiesen wird.

Es ist aber früher schon gesagt worden, dass auch eine andere Auffassung möglich ist, nach welcher die Formel desselben Salzes wird Na NO_6, wodurch ausgedrückt wird, dass das salpetersaure Natron aus der Salpetersäure entsteht, indem Wasserstoff durch Natrium vertreten wird:

$NO_6 H$	$Na NO_6$
Salpetersäure.	salpetersaures Natron.

Löst man die Formel der Salpetersäure noch weiter auf und schreibt

$NO_4\ O_2\ H$ so wird die Formel des Natronsalzes
$NO_4\ O_2\ Na$ oder $Na\ O_2\ NO_4$

welche Formel dann auch noch die Bildung des Natronsalzes aus dem Natron $Na O_2 H$ selbst, durch Ersatz von H durch NO_4, das ist das Radical der Salpetersäure, ausdrückt.

$NO_4\ O_2\ H$	—	$NO_4\ O_2\ Na$ oder $Na\ O_2\ NO_4$
Salpetersäure		salpetersaures Natron
$Na\ O_2\ H$	—	$Na\ O_2\ NO_4$
Natron		—

Dieser letzte Ausdruck ist offenbar der vollkommenste und leicht verständlich, da er sich so leicht aus der oberflächlichsten Formel ableiten lässt

$$Na\ O\ NO_5$$
wird zu $Na \mid O_2 \mid NO_4$.

Wenn die erste Formel ausdrückt, dass zwei Theile, NaO und NO_5 direct mit einander verbunden sind, so bezeichnet die zweite, dass Na und NO_4 durch Vermittlung von O_2 miteinander verbunden sind. Man gebraucht, um diese Idee noch deutlicher hervortreten zu lassen, für die letzte Formel noch folgende Schreibweise:

$$\left.\begin{matrix} Na \\ \\ NO_4 \end{matrix}\right\} O_2 \text{ oder } \left.\begin{matrix} Na \\ NO_4 \end{matrix}\right\} O_2.$$

Wir lassen nun die Formeln einiger Salze folgen:

$KOSO_3$ oder $\left.\begin{matrix} K \\ SO_2 \end{matrix}\right\} O_2$ schwefelsaures Kali.

$BaOCO_2$ oder $\left.\begin{matrix} Ba \\ CO \end{matrix}\right\} O_2$ kohlensaurer Baryt.

$ZnOSO_3$ oder $\left.\begin{matrix} Zn \\ SO_2 \end{matrix}\right\} O_2$ schwefelsaures Zinkoxyd.

$NaOPO_5$ oder $\left.\begin{matrix} Na \\ PO_4 \end{matrix}\right\} O_2$ metaphosphorsaures Natron.

$3NaO . PO_5$ $\left.\begin{matrix}3Na.\\PO_2\end{matrix}\right\} O_6$ phosphorsaures Natron.

$2NaO . HO PO_5$ $\left.\begin{matrix}2Na. H.\\PO_2\end{matrix}\right\} O_6$ phosphorsaures Natron.

$NaO2HO.PO_5$ $\left.\begin{matrix}Na . 2H\\PO_2\end{matrix}\right\} O_6$ saures phosphorsaures Natron.

Wir werden in dem vorliegenden Buche, soweit es nöthig erscheint, beide Arten von Formeln gebrauchen. Die ersteren dualistischen Formeln sind für die Kenntniss der anorganischen Verbindungen weitaus genügend, und es werden die andern Formeln nur deshalb hier schon erwähnt, weil dieselben die Grundlage bilden für die Formeln der organischen Verbindungen.

Für die nächste Betrachtung über die Zusammensetzung der verschiedenen Arten von Salzen wollen wir uns deshalb auch der dualistischen Schreibweise bedienen, da ja ausserdem eine Umwandlung dualistischer Formeln in die andern äusserst einfach ist.

Die neutralen Salze der einsäurigen Basen mit ein- und mehrbasischen Säuren sind nach folgenden allgemeinen Formeln zusammengesetzt.

$$B' + S'$$
$$B'_2 + S''$$
$$B'_3 + S'''$$

wobei B' eine einsäurige Base und S' eine ein- S'' eine zwei- und S''' eine dreibasische Säure bedeuten soll.

Die sauren Salze dieser Basen und Säuren sind zusammengesetzt nach den Formeln:

$$B'\ HO + S''$$
$$B'_2\ HO + S'''$$
$$B'\ 2HO + S'''$$

Es sind also an Stelle von B' hier Wasseraequivalente getreten. Die Formeln der Salze zweisäuriger Basen sind:

$$B'' + 2S'$$
$$B'' + S''$$
$$3B'' + 2S'''$$

Die sauren Salze leiten sich nun in ähnlicher Weise ab wie oben.

Die Salze dreisäuriger Basen haben die folgenden Formeln:

$$B''' + 3S'$$
$$2B''' + 3S''$$
$$B''' + S'''$$

Basische Salze leiten sich ab durch Vertretung von S' oder S'' durch aequivalente Mengen von HO. S' ist aequivalent HO und S'' aequivalent 2HO.

Es ist nun noch zu bemerken, dass sich ausser diesen Salzen noch basische und saure Salze bilden können, die anders zusammengesetzt sind, und die man eben speciell betrachten muss.

B. Indifferente Körper im engeren Sinne.

Dahin gehören neben einer Reihe von Metallverbindungen, namentlich auch viele Verbindungen der Metalloide untereinander. Es lässt sich über diese Substanzen etwas Allgemeines nicht sagen. Man zählt zu ihnen alle diejenigen anorganischen Verbindungen, welche nicht Säure noch Base noch Salze sind. Vor allem gehört zu ihnen eine Klasse von Metallsauerstoffverbindungen, die man Hyperoxyde nennt.

Dieselben enthalten mit der gleichen Menge Metall mehr Sauerstoff verbunden, als das basische Oxyd. Ihre specielle Charakteristik verschieben wir auf später.

Chemische Nomenclatur.

Die Benennung der Körper, mit welchen sich der Chemiker vorwiegend beschäftigt, geschieht nach bestimmten Regeln; und wenn auch eine grosse Anzahl sogenannter Trivialnamen allgemein gebräuchlich sind, so ist doch die grösste Anzahl von Namen nach einem gewissen Systeme gebildet, und es lässt sich aus demselben dann immer schon ein Schluss auf den chemischen Charakter einer Substanz ziehen.

I. Namen der Elemente.

Viele Elemente, z. B. einzelne Metalle, sind schon seit alter Zeit bekannt, und haben die Namen, welche sie früher hatten behalten, dagegen hat man die Namen der neu entdeckten Elemente nach gewissen hervorragenden Eigenschaften desselben gebildet. So nennt man den Sauerstoff so, weil eine grosse Anzahl seiner Verbindungen sauer sind, der Stickstoff hat seinen Namen von der Eigenschaft, alles Lebende zu tödten, insofern weder Thiere noch Pflanzen in einem Raume, welcher mit Stickstoff gefüllt ist, leben können. Dieselben „ersticken" so zu sagen. Der Phosphor hat seinen Namen von der Eigenschaft im Dunklen zu leuchten, man nennt ihn desshalb Lichtträger (Phosphor *φῶς* Licht und *φόρος* Träger).

Die neu entdeckten Metalle Cäsium und Rubidium haben ihre

Namen von der Eigenschaft, bei der prismatischen Zerstreuung des durch ihr Erglühen erzeugten Lichtes hauptsächlich deutlich blaue (cäsius himmelblau) und rothe (rubidus dunkelroth) Farben hervortreten zu lassen.

II. Namen der Verbindung.

A. Säuren.

Dieselben enthalten, wie schon gesagt, fast sämmtlich Sauerstoff, wenigstens versteht man unter Säure schlechtweg meistens sauerstoffhaltige Säuren. Neben diesem Sauerstoff enthalten dieselben noch irgend ein anderes Element. Man bildet ihre Namen in der Weise, dass man dem Namen des Elementes das Wort „Säure" anhängt. So bedeutet Chlorsäure eine Verbindung von Chlor mit Sauerstoff; Schwefelsäure eine Verbindung von Schwefel mit Sauerstoff. Uebrigens wird auch der Name mancher Säure aus den schon vorhandenen Trivialnamen der Salze, in denen dieselben enthalten sind oder aus denen sie dargestellt werden, gebildet. Die Salpetersäure ist im Salpeter enthalten. Die Salzsäure ist im gewöhnlichen Kochsalz enthalten, und daher ihre Namen.

Die Schwefelsäure wird noch heute vielfach mit den Namen Vitriolsäure oder Vitriolöl bezeichnet, weil dieselbe aus dem grünen Vitriol (Eisenvitriol), in welchem sie enthalten, dargestellt wurde.

Wenn also hiernach in der Benennung der Säuren einige Verwirrung herrscht, so kann man doch sagen, dass bei Namenbildung da, wo ein Element mit Sauerstoff mehrere Säuren bildet, eine gewisse Consequenz beobachtet wird. Als Namen derjenigen Verbindung, welche die stärkste Säure unter diesen ist, wählt man die nach oben genannter Regel gebildeten, und bezeichnet danach die Sauerstoff ärmeren oder reicheren Säuren, als Unter — Säure oder Ueber — Säure etc. etc.

Ein Beispiel wird dies klar machen: Chlor giebt mit Sauerstoff fünf Verbindungen, die Säuren sind. Dieselben haben folgende Formeln und Namen:

ClO Unter-chlor-ige Säure.
ClO_3 Chlor-ige Säure.
ClO_4 Unter-chlor-säure.
ClO_5 Chlor-säure.
ClO_7 Ueber-chlor-säure.

Schwefel giebt mit Sauerstoff sieben Säuren. Die vier wichtigsten sind:

S_2O_2 Unter-schwefel-ige Säure.
SO_2 Schwefel-ige Säure.

S_2O_5 Unter-schwefel-säure.
SO_3 Schwefel-säure.

Bei den Sauerstoff-ärmsten Säuren wird also der Name des Elementes durch Anhängung von „ige" in ein Adjectivum verwandelt, welches die Säure bezeichnet.

B. Basen.

Man nennt dieselben durchgängig Oxyde oder Oxydule. Bildet ein Metall mit Sauerstoff nur eine Base, so wird dieselbe ein Oxyd genannt, und ihr vollständiger Name setzt sich zusammen aus dem Namen des Metalles und dem Wort „oxyd", z. B. Zinkoxyd, Kaliumoxyd.

Bildet dagegen ein Metall mit Sauerstoff zwei Basen, so heisst die sauerstoffreichere stets Oxyd, und die sauerstoffärmere Oxydul, indem der Name in gleicher Weise gebildet wird, z. B. Fe_2O_3 Eisenoxyd und FeO Eisenoxydul u. s. w.

Manchmal sind jedoch noch für die Basen Trivialnamen gebräuchlich, so Kali statt Kaliumoxyd, Natron statt Natriumoxyd und Baryt, Strontian, Kalk, statt Barium-, Strontium- u. Calciumoxyd.

C. Indifferente Verbindungen.

1. Salze.

Die Namen der Salze bildet man meist, indem man den Namen der Base als Hauptwort benutzt, und den Namen der Säure dadurch zum Adjectivum macht, dass man statt Säure sauer setzt, z. B. schwefelsaures Kaliumoxyd, Unterchlorigsaures Natriumoxyd u. s. w.

Hat der Name der Säure schon aus zwei Worten, einem Hauptwort und einem Adjectivum, bestanden, so zieht man dann beide zusammen. Unterchlorige Säure wird zu unterchlorigsauer u. s. w. Bei Benennung basischer und saurer Salze setzt man diese Worte noch vor den Namen der Neutralsalze, z. B. saurer phosphorsaurer Kalk.

Die indifferenten Körper im engeren Sinne werden nach keiner Regel genannt, sondern meist nur durch blosse Aneinanderreihung der Namen ihrer Bestandtheile bilden sich ihre Namen. Chlorstickstoff, NCl_3.

Einige weitere, speciellere Regeln in der Bezeichnung sollen an anderen Orten besprochen werden.

Es ist noch zum Schlusse zu bemerken, dass man die Chlor-, Brom- und Jodverbindungen ebenso wie die Schwefelverbindungen der Metalle, ähnlich benennt wie die basischen Oxyde, indem man

die chlor-, brom-, jod- und schwefelreicheren Verbindungen Chloride, Bromide, Jodide und Sulfide und die daran ärmeren Chlorüre, Bromüre, Jodüre und Sulfüre nennt.

Diejenigen Sauerstoffverbindungen der Metalle, welche weder Säuren noch Basen sind, nennt man entweder Suboxyde oder Hyperoxyde, je nachdem sie weniger oder mehr Sauerstoff enthalten als die basischen Oxyde. So hat man folgende Verbindungen des Bleies genannt:

Pb_2O. Bleisuboxyd.
PbO. Bleioxyd (Anhydrid).
PbO_2 Bleihyperoxyd.
PbO_3 Bleisäure.

Die Sauerstoffverbindungen des Mangans sind:

MnO. Manganoxydul.
Mn_2O_3 Manganoxyd.
Mn_3O_4 Manganoxyduloxyd ($MnO + Mn_2O_3 = Mn_3O_4$),
MnO_2 Manganhyperoxyd.
MnO_3 Mangansäure.
Mn_2O_7 Uebermangansäure.

Operationen und Geräthschaften.

Es ist nothwendig, die wichtigsten Operationen zu kennen, welche bei chemischen Versuchen angestellt werden, wenn die specielle Beschreibung der Elemente und Verbindungen verstanden werden soll.

Chemische Reactionen entstehen entweder auf trocknem oder nassem Wege. Sind die auf einander wirkenden Substanzen flüssig oder gasförmig, so genügt häufig eine einfache Vermischung, um die beabsichtigte Erscheinung einzuleiten. Sind dagegen die Substanzen fest, so muss meist eine Schmelzung vorgenommen werden. Dieselbe geschieht in einem Tiegel. Das Material desselben ist sehr verschieden. Je nach den Substanzen die darin geschmolzen werden sollen, bedient man sich verschiedener Tiegel. Man hat solche von Gold, Platin, Silber, Eisen und namentlich auch von Porzellan, Thon oder Steingut (Hessische Tiegel). Für einige Verwandlungen wendet man Tiegel von Graphit an, und in neuester Zeit auch solche aus Holzkohle.

Weitaus am häufigsten sind die Reactionen auf nassem Wege.

Hierbei werden die wässrigen Lösungen der betreffenden Substanzen mit einander zusammengebracht.

Durch die nun eintretende chemische Reaction werden dann häufig Körper erzeugt, die nicht in Wasser löslich sind, und es entsteht alsdann ein Niederschlag, d. h. die neu gebildete Substanz scheidet sich aus der Flüssigkeit aus, und da dieselbe meist schwerer ist als das Wasser, so sinkt sie in der Flüssigkeit unter und sammelt sich am Boden des Gefässes an. Die kleinen Theilchen, welche hierbei entstehen, haben übrigens meist eine sehr geringe Grösse, und so besteht der Niederschlag aus einem mehr oder weniger feinen Pulver. Die kleinen festen Theilchen zeigen entweder eine krystallinische Beschaffenheit, oder sie sind flockig, und nach diesem Aussehen bezeichnet man den Niederschlag.

Die ganze Operation nennt man die Fällung.

Dieselbe kann selbstverständlich in jedem beliebigen Gefässe vorgenommen werden.

Zur Reinigung vieler Substanzen, ebenso wie zur Trennung verschiedener mit einander gemischter Substanzen, bedient man sich sehr verschiedenartiger Operationen.

Will man leicht in Wasser lösliche Stoffe von solchen trennen, die sich schwerer darin auflösen, so kann man seinen Zweck oft schon dadurch erreichen, dass man geradezu mit Wasser übergiesst und darin den einen Körper auflöst, während der andere zurückbleibt. Will man nun umgekehrt einen in Wasser unlöslichen Körper von einem löslichen befreien, so bedient man sich hierzu der Operation des Auswaschens. Dieselbe kann auf zweierlei Art geschehen. Entweder bringt man die auszuwaschende Substanz auf einen Glastrichter mit einem Filter von ungeleimtem Papier, und übergiesst ihn darauf mit reinem Wasser, oder man decantirt denselben, d. h. man übergiesst denselben mit Wasser und lässt nach tüchtigem Umschütteln denselben wieder zu Boden sinken, und giesst hierauf mit Vorsicht die überstehende Flüssigkeit ab.

Eine andere Methode der Trennung verschiedener Körper von einander beruht auf ihrer verschiedenen Fähigkeit sich in Dampf zu verwandeln. Man destillirt oder sublimirt die fragliche Substanz.

Lässt sich eine Flüssigkeit durch Erwärmen in Dampf verwandeln, so lässt sich der Dampf auch wieder durch Erkalten verflüssigen. Man erhitzt in einer Retorte von Glas, Porzellan, Thon oder Steingut die Flüssigkeit, und leitet den Dampf in einen Raum, der abgekühlt werden kann, und hat letzteren nur so einzurichten, dass die in demselben verdichtete Flüssigkeit nicht in die Retorte zurückfliessen kann, sondern in eine sogenannte Vorlage fliessen muss.

Die Sublimation ist eine der Destillation sehr ähnliche Operation. Sie wird angewandt bei festen Körpern, welche die Eigenschaft haben, aus dem dampf- oder gasförmigen Zustand unmittelbar, oder wenigstens ohne sich vorher förmlich zu verflüssigen, in den festen Zustand überzugehen. Das Jod z. B. wird sublimirt, und zwar in der Weise, dass man dasselbe erhitzt, und seine Dämpfe in ein kaltgehaltenes Gefäss leitet. Das Jod scheidet sich hierin unmittelbar fest aus. Wir werden an anderer Stelle die Erklärung dieser Erscheinung geben.

Wir haben bei der Besprechung der Salze bereits eine besondere diesen Körpern zukommende Eigenschaft erwähnt, nämlich das Krystallisationsvermögen. Die von den Chemikern dargestellten Körper zeigen zum grössten Theil diese Eigenschaft, d. h. sie krystallisiren. Es ist auch bereits angeführt worden, unter welchen Bedingungen die Krystallisation vor sich geht.

Je nach der Natur der verschiedenen Stoffe sind die Krystallisationsbedingungen sehr verschieden. Im allgemeinen lässt sich zwar sagen, dass die Körper am leichtesten krystallisiren, wenn dieselben langsam aus dem flüssigen in den festen Zustand übergehen, so dass man geschmolzene Körper durch Erkalten zum Krystallisiren bringt, und gelöste Körper durch Verdunsten des Lösungsmittels.

Das Wesentliche der Krystallisation ist, dass die bei derselben sich bildenden Körpertheilchen stets in Formen sich bilden, die unter gleichen Umständen immer ähnlich sind. Der Schwefel, der beim Uebergang vom flüssigen in den festen Zustand krystallisirt, scheidet sich dabei immer in Formen aus, die untereinander ähnlich sind, wenn auch oft von sehr verschiedener Grösse. Da zur Bildung eines Krystalls die Zusammenlagerung einer Anzahl von kleinen Theilchen nöthig ist, die sich eben nach bestimmten Regeln nebeneinander legen, so kommt es nur darauf an, die Abscheidung möglichst langsam vor sich gehen zu lassen, um den kleinen Theilchen die Möglichkeit zu lassen, sich in möglich grosser Anzahl zusammen zu lagern und einen um so grösseren Krystall zu bilden.

Man ist daher auch im Stande, einen fertig gebildeten Krystall wachsen zu lassen, wenn man denselben in eine Lösung der gleichen Substanz hinein bringt, und sehr langsam das Lösungsmittel verdunsten lässt, wobei die sich nun weiter abscheidenden Körpertheilchen sich um den schon gebildeten Krystall nach den bestimmten Regeln lagern.

Vorzüglich zeigt der Alaun diese Eigenschaft. Hängt man

an einem Faden einen schön ausgebildeten Alaunkrystall in eine möglichst starke Alaunlösung, so wird man das Wachsen desselben bemerken, indem sich auf allen Seiten desselben Alauntheilchen ansetzen.

Löslichkeit. Absorption.

In vielen Fällen können Substanzen von verschiedenen Aggregatzuständen sich zu homogenen Gemischen miteinander verbinden. Flüssigkeiten und feste Körper bilden dann meistens eine Flüssigkeit, und man nennt diesen Process die Auflösung der Körper.

Gase können sich mit Flüssigkeiten vermischen, und es entstehen Flüssigkeiten, welche, wie man sagt, die Gase absorbirt enthalten.

Sowohl die Auflösung als auch die Absorption kommen nicht unter allen Verhältnissen zu Stande, sondern es sind gewisse Bedingungen nothwendig.

Auflösung.

Als Lösungsmittel dient in bei weitem den meisten Fällen das Wasser, aber auch Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff, Benzol, Aceton können als solche Anwendung finden; es gilt übrigens von ihnen in Bezug auf die lösende Wirkung fast immer das Gleiche wie beim Wasser.

Wir besprechen deshalb nur die Anwendung des letzteren.

Die Löslichkeit der meisten Körper im Wasser ist eine beschränkte, aber fast immer um so grösser je höher die Temperatur. Der Unterschied der Löslichkeit der Körper bei verschiedenen Temperaturen ist sehr verschieden. Während die Löslichkeit des Glaubersalzes im Wasser bei steigender Temperatur bis zu einem gewissen Grade sehr rasch zunimmt, ist das Kochsalz bei der Siedehitze des Wassers nicht sehr viel löslicher als bei gewöhnlicher Temperatur. Man kann übrigens die Löslichkeit der Körper in Zahlen ausdrücken, indem man angiebt, wie viel Gewichtstheile des betr. Körpers etwa in 100 Theile Wasser aufgelöst werden. Natürlich gehört dann noch die Angabe der Temperatur hinzu.

So sagt man, 100 Theile Wasser lösen bei 60° Celsius 38 Theile Kochsalz auf.

Spricht man von der Löslichkeit der Salze, so hat man zu berücksichtigen, ob das betr. Salz Krystallwasser enthält oder nicht; im ersteren Falle wirkt nämlich dieses auch noch als Lösungsmittel und bei der Angabe der Zahlen muss bemerkt werden, wie viel des wasserfreien Salzes in der zur Lösung des krystallisirten Salzes plus dem als Krystallwasser schon vorhandenen Wasser gelöst ist.

Eine merkwürdige Erscheinung ist, dass die Löslichkeit gewisser Salze in anderen Salzlösungen oft beträchtlicher ist, als in reinem Wasser, während in den gewöhnlichen Fällen eine gewisse Menge Wasser bei einer gegebenen Temperatur nur eine bestimmte Menge von Salzen zu lösen vermag. Bei diesen Verhältnissen ist natürlich vorausgesetzt, dass die in Lösung befindlichen Salze nicht auf einander zersetzend einwirken.

In gewissem Sinne kann man auch von einer Auflösung von Flüssigkeiten in Flüssigkeiten sprechen, man sagt übrigens dann meistens, die Flüssigkeiten mischen sich mit einander. Alkohol mischt sich z. B. mit Wasser, und zwar in allen Verhältnissen, während Aether mit Wasser sich nicht in allen Verhältnissen mischt. Oele und Wasser mischen sich nicht, und man sagt daher, sie seien unlöslich in Wasser.

Absörption.

Die Auflösung der Gase in Flüssigkeiten nennt man Absorption. Dieselbe ist abhängig von der Temperatur und dem Drucke, der auf den Flüssigkeiten lastet, welche Gase enthalten. Man drückt das Absorptionsverhältniss meistens so aus, dass man angiebt, wie viel Raumtheile des Gases von einem Raumtheil Flüssigkeit absorbirt werden. Angabe der Temperatur und des Luftdruckes sind zur genauen Bestimmung ebenfalls erforderlich.

Die Absorbirbarkeit der Gase ist bei niederer Temperatur grösser als bei höherer, und wie man durch Abkühlung aus Lösungen den darin gelösten festen Körper abscheiden kann, so kann man durch Erhitzen die Gase aus Flüssigkeiten mehr oder weniger vollständig austreiben.

Eine beide Arten von Processionen begleitende Erscheinung ist Temperaturveränderung und damit im Zusammenhang stehende Aenderung des Volumens.

Im Allgemeinen erniedrigt sich die Temperatur, und verringert sich das Volumen bei der Auflösung fester Körper. Die Temperaturveränderung ist bei manchen Körpern sehr bedeutend, und man benutzt daher die Auflösung gewisser Körper zur Hervorbringung von Kälte (Kältemischung).

Die Absorption der Gase ist von einer Temperaturerhöhung und Vergrösserung des Volumens begleitet. Ebenso zeigen sich Temperatur und Volumänderung beim Mischen von Flüssigkeiten.

Die Absorption von Gasen durch feste Körper wird ausführlicher im physikalischen Theil abgehandelt.

Beschaffenheit der Materie.

Aggregatzustände.

Man unterscheidet drei verschiedene Zustände in denen die Materie existiren kann, den festen, flüssigen (besser tropfbarflüssigen) und gasförmigen (oder elastisch-flüssigen). Man nennt dieselben Aggregatzustände. Viele Körper können in mehreren Aggregatzuständen existiren. Das Wasser, welches bei gewöhnlicher Sommertemperatur flüssig, wird beim Erkalten fest und kann durch Erhitzen in Dampf oder Gas verwandelt werden.

Die Ueberführung aus einem in den anderen Aggregatzustand gelingt durch Entziehung oder Zufuhr von Wärme. So können die Körper nur zwischen bestimmten Temperaturgrenzen flüssig sein. Die Temperatur, bei welcher sie fest werden, nennt man Erstarrungstemperatur, und diejenige, bei welcher sie sich in Dampf oder Gas verwandeln, die Siedetemperatur oder den Siedepunkt.

Die Schmelztemperatur der festen Körper nennt man ihren Schmelzpunkt.

Da der Schmelzpunkt sowie der Siedepunkt für einen und denselben Körper unter gleichen Bedingungen stets gleich ist, so ist die Angabe desselben zur Charakterisirung der Körper geeignet.

Es muss übrigens bemerkt werden, dass der Siedepunkt wesentlich abhängig ist von dem herrschenden Luftdruck, indem mit dem Luftdruck auch der Siedepunkt steigt.

Diejenigen Gase, welche durch Kälte oder Druck nicht zu Flüssigkeiten verdichtet werden können, nennt man incoërrible oder permanente Gase.

Statt durch Temperaturerniedrigung eine Verflüssigung der Gase zu bewirken, erreicht man dieselbe oft leichter durch Compression, d. h. durch Druck. Alle Gase können durch Druck auf ein kleineres Volumen gebracht werden, und bei einer bestimmten Grenze werden viele flüssig. Eine Verbindung von Compression und Abkühlung lässt den Zweck der Verdichtung am leichtesten erreichen. Die Stärke der Compression drückt man in sog. Atmosphären aus, indem der von der Luft auf die Erde ausgeübte Druck, d. h. der atmosphärische Druck als Einheit dient. Ein Atmosphärendruck hält einer Quecksilbersäule von 760^{mm} im Durchschnitt das Gleichgewicht (siehe physik. Theil).

Zur genauen Bezeichnung der Eigenschaft eines Körpers gehört die Angabe seines spezifischen Gewichtes, d. h. das Verhältniss seines Gewichts zu demjenigen eines gleich grossen

Volumens von Wasser für Flüssigkeiten und feste Körper, und von Luft für Gase oder Dämpfe.

Nach den gegebenen Erörterungen wird also die Angabe der Löslichkeit des Schmelz- oder Siedepunktes, die Krystallisirbarkeit und das specifische Gewicht zur Beschreibung eines Körpers zu machen sein. Hierzu kommen noch Härte, Farbe, Geschmack und Geruch als weitere Merkmale.

Allotropie. Isomerie.

Viele Körper zeigen die Eigenthümlichkeit in verschiedenen Zuständen existiren zu können. Gewisse Elemente können in verschiedenen Krystallformen bestehen, und während ihnen dieselben chemischen Eigenschaften zukommen, sind ihre äusseren Eigenschaften in den verschiedenen Zuständen oft sehr verschieden. Auch Verbindungen zeigen häufig bei gleicher Zusammensetzung sehr abweichende Eigenschaften. Man nennt die Erscheinung bei den Elementen Allotropie, und bei den Verbindungen meist Isomerie (*ισομερης*, aus gleichen Theilen zusammengesetzt), und sagt desshalb von einem Elemente, es existire in verschiedenen allotropischen Modificationen, wie z. B. der Schwefel, Phosphor und andere.

In manchen Fällen kennt man den Grund der Allotropie und in den meisten den der Isomerie, wir wollen übrigens diese Betrachtung auf ein späteres Kapitel verschieben.

Beschaffenheit der Materie.

Aggregatzustände.

Man unterscheidet drei verschiedene Zustände in denen die Materie existiren kann, den festen, flüssigen (besser tropfbarflüssigen) und gasförmigen (oder elastisch-flüssigen). Man nennt dieselben Aggregatzustände. Viele Körper können in mehreren Aggregatzuständen existiren. Das Wasser, welches bei gewöhnlicher Sommertemperatur flüssig, wird beim Erkalten fest und kann durch Erhitzen in Dampf oder Gas verwandelt werden.

Die Ueberführung aus einem in den anderen Aggregatzustand gelingt durch Entziehung oder Zufuhr von Wärme. So können die Körper nur zwischen bestimmten Temperaturgrenzen flüssig sein. Die Temperatur, bei welcher sie fest werden, nennt man Erstarrungstemperatur, und diejenige, bei welcher sie sich in Dampf oder Gas verwandeln, die Siedetemperatur oder den Siedepunkt.

Die Schmelztemperatur der festen Körper nennt man ihren Schmelzpunkt.

Da der Schmelzpunkt sowie der Siedepunkt für einen und denselben Körper unter gleichen Bedingungen stets gleich ist, so ist die Angabe desselben zur Charakterisirung der Körper geeignet.

Es muss übrigens bemerkt werden, dass der Siedepunkt wesentlich abhängig ist von dem herrschenden Luftdruck, indem mit dem Luftdruck auch der Siedepunkt steigt.

Diejenigen Gase, welche durch Kälte oder Druck nicht zu Flüssigkeiten verdichtet werden können, nennt man incoërrible oder permanente Gase.

Statt durch Temperaturerniedrigung eine Verflüssigung der Gase zu bewirken, erreicht man dieselbe oft leichter durch Compression, d. h. durch Druck. Alle Gase können durch Druck auf ein kleineres Volumen gebracht werden, nnd bei einer bestimmten Grenze werden viele flüssig. Eine Verbindung von Compression und Abkühlung lässt den Zweck der Verdichtung am leichtesten erreichen. Die Stärke der Compression drückt man in sog. Atmosphären aus, indem der von der Luft auf die Erde ausgeübte Druck, d. h. der atmosphärische Druck als Einheit dient. Ein Atmosphärendruck hält einer Quecksilbersäule von 760^{mm} im Durchschnitt das Gleichgewicht (siehe physik. Theil).

Zur genauen Bezeichnung der Eigenschaft eines Körpers gehört die Angabe seines spezifischen Gewichtes, d. h. das Verhältniss seines Gewichts zu demjenigen eines gleich grossen

Volumens von Wasser für Flüssigkeiten und feste Körper, und von Luft für Gase oder Dämpfe.

Nach den gegebenen Erörterungen wird also die Angabe der Löslichkeit des Schmelz- oder Siedepunktes, die Krystallisirbarkeit und das specifische Gewicht zur Beschreibung eines Körpers zu machen sein. Hierzu kommen noch Härte, Farbe, Geschmack und Geruch als weitere Merkmale.

Allotropie. Isomerie.

Viele Körper zeigen die Eigenthümlichkeit in verschiedenen Zuständen existiren zu können. Gewisse Elemente können in verschiedenen Krystallformen bestehen, und während ihnen dieselben chemischen Eigenschaften zukommen, sind ihre äusseren Eigenschaften in den verschiedenen Zuständen oft sehr verschieden. Auch Verbindungen zeigen häufig bei gleicher Zusammensetzung sehr abweichende Eigenschaften. Man nennt die Erscheinung bei den Elementen Allotropie, und bei den Verbindungen meist Isomerie (*ισομερης*, aus gleichen Theilen zusammengesetzt), und sagt desshalb von einem Elemente, es existire in verschiedenen allotropischen Modificationen, wie z. B. der Schwefel, Phosphor und andere.

In manchen Fällen kennt man den Grund der Allotropie und in den meisten den der Isomerie, wir wollen übrigens diese Betrachtung auf ein späteres Kapitel verschieben.

Erster Theil.

Metalloide.

Sauerstoff. O = 8.

Eigenschaften. Der Sauerstoff ist ein gasförmiger Körper, ohne Farbe, Geruch und Geschmack. Es ist schwerer als Luft und hat das spez. Gewicht 1,1056 (atmosphärische Luft = 1).

Der Sauerstoff verbindet sich mit allen Elementen, mit Ausnahme des Fluors, mit den meisten direct. Es entstehen hierbei die in der Einleitung erwähnten Verbindungen. Die Vereinigung des Sauerstoffs mit anderen Körpern erfolgt meistens unter starker Licht- und Wärmeentwicklung. Man nennt diese Vereinigung die Verbrennung der Körper, namentlich dann, wenn sie rasch erfolgt, und Oxydation, wenn sie langsam oder ohne Licht- oder bemerkbare Wärmeentwicklung vor sich geht.

Die Verbrennung der Körper erfolgt am raschesten und intensivsten in reinem Sauerstoff, und Stoffe wie Phosphor, Schwefel, Kohle verbrennen darin mit erhöhtem Glanz, selbst Stoffe wie Eisen, die gewöhnlich nicht eigentlich brennbar sind, verbrennen unter lebhaftem Funkensprühen.

Die Versuche, welche diese Eigenschaft zeigen sollen, sind leicht anzustellen. Man füllt einen etwa ein Liter fassenden Kolben oder Flasche mit Sauerstoffgas, taucht die in einem eisernen Löffelchen befindlichen Stoffe hinein, und leitet alsdann die Verbrennung dadurch ein, dass man den Körper mit einem heissen Glasstab berührt. So wird namentlich Phosphor entzündet, von dem man ein erbsengrosses Stückchen anwendet. Den Schwefel erhitzt man am besten vor dem Eintauchen in den Sauerstoff und entzündet ihn. Kohle ebenso. Letztere wird an einem eisernen Drahte befestigt, in das Gas gebracht. Zum Verbrennen von Eisen wendet man am besten eine Uhrfeder an. Man befestigt ein kleines

Stückchen Zunder an der zu einer langgezogenen Spirale gedrehten Uhrfeder, und befestigt das Ganze an einen Korkstopfen, der lose auf der Flasche aufsitzt. Vor dem Eintauchen entzündet man den Zunder. Die Flasche, in welcher das Eisen verbrannt wird, wird sehr häufig durch die umhergeschleuderten Stückchen geschmolzenen Eisenoxyduloxyds zertrümmert, welches bei der Verbrennung entsteht. Es ist daher rathsam, am Boden der Flasche eine etwa 1/2 Zoll hohe Schicht Wasser zu belassen.

Verbrennungen geschehen also unter Mitwirkung von Sauerstoff, und zu dieser Klasse von Erscheinungen gehören eine grosse Anzahl von Prozessen, die sehr häufig in der Natur vorkommen.

Einer der wichtigsten ist der Athmungsprozess, bei welchem dann auch der Sauerstoff eine wesentliche Rolle spielt, indem ohne Sauerstoff das Athmen unmöglich ist. So ist der Sauerstoff der Erhalter des thierischen Lebens. Er hat die Aufgabe, das Blut der Venen zu oxydiren oder langsam zu verbrennen, und somit eine Quelle der Lebenswärme abzugeben. Versuche in dieser Richtung sind leicht anzustellen. Bringt man ein Thier in eine Atmosphäre, welche völlig frei von Sauerstoff ist, so stirbt es nach kurzer Zeit.

Vorkommen. Der Sauerstoff findet sich unverbunden oder in freiem Zustande in der Luft, die den Erdball umgiebt. Er macht nahezu 1/5 des Volumens und 1/4 des Gewichtes der atmosphärischen Luft aus. In Verbindung mit Wasserstoff bildet er das Wasser, und mit anderen Elementen verbunden, findet er sich in unzähligen Stoffen. Er ist der verbreitetste Körper.

Darstellung. Man kann den Sauerstoff aus der Luft nur auf Umwegen abscheiden. Leichter gewinnt man ihn durch Zersetzung gewisser Verbindungen. Folgende Formeln drücken die wichtigsten Zersetzungen aus:

$$\underset{\text{Rothes Quecksilberoxyd.}}{HgO} = Hg + O.$$

$$\underset{\text{Manganhyperoxyd oder Braunstein.}}{MnO_2} + \underset{\text{Schwefelsäure.}}{SO_3 HO} = \underset{\text{schwefelsaures Manganoxydul.}}{MnO\ SO_3} + HO + O.$$

$$3MnO_2 = \underset{\text{Manganoxyduloxyd.}}{Mn_3O_4} + 2O$$

$$\underset{\text{Chlorsaures Kali.}}{KO\ ClO_5} = \underset{\text{Chlorkalium.}}{KCl} + 6O$$

$$ZnO\,SO_3 = ZnO. + SO_2 + O$$

Zinkvitriol. Zinkoxyd. Anhydrid der schwefligen Säure.

$$CaO\,ClO = CaCl. + 2O$$

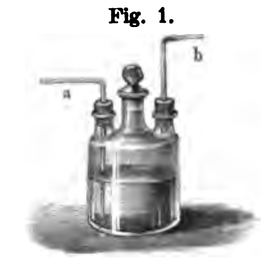
(Chlorkalk) unterchlorigsaurer Kalk. Chlorcalcium.

Die Ausführung der hier genannten Reactionen ist sehr verschieden. In chemischen Laboratorien stellt man Sauerstoff durch Erhitzen von chlorsaurem Kali dar, welches man mit etwa dem halben Gewicht Braunstein gemengt hat.

Man erhält hierbei ein Gas, rein genug für die meisten Versuche. Um dasselbe übrigens völlig zu reinigen, kann man es durch verschiedene Flüssigkeiten leiten, welche die Unreinigkeiten zurückhalten. Von Kohlensäure befreit man durch Kalilauge oder Natronlauge. Man leitet das Gas durch sogen. Woulff'sche Flaschen, Flaschen mit drei Hälsen, in denen sich eine der beiden Laugen befindet.

Diese Flaschen haben die Form, wie sie durch beifolgende Figur gegeben ist.

Fig. 1.



Die Röhre a leitet das Gas zu und geht bis an den Boden der Flasche, und die Röhre b, welche das Gas wieder ableitet, geht nur bis zum oberen Theil in die Flasche hinein. Durch die dritte Oeffnung, welche hier mit einem Stopfen verschlossen ist, kann man noch eine dritte nicht gebogene und etwas längere Röhre einführen, welche ebenfalls bis an den Boden der Flasche gehen muss, und wie a durch die Flüssigkeit abgesperrt wird. Der ganze Apparat wird eine Waschflasche genannt.

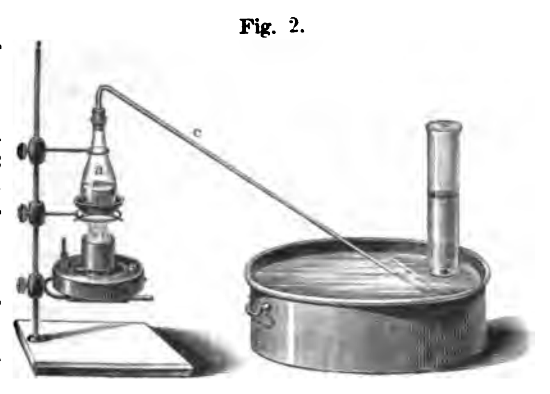
Zum Trocknen des Gases bedient man sich entweder des Chlorcalciums oder der Schwefelsäure oder anderer Substanzen, welche man entweder in eine Waschflasche oder eine u-förmiggebogene Röhre bringt.

Das Auffangen des Gases nimmt man in der Weise vor, dass man das eine Ende der Röhre, durch welche das Gas fortgeleitet wird, unter die Oeffnung einer mit Wasser gefüllten Flasche bringt, welche man mit ihrer Oeffnung unter Wasser hält.

Beigegebene Figur stellt den ganzen Apparat dar.

Im Kolben a wird das Gas entwickelt, c ist die Gasleitungsröhre, welche unter dem mit Wasser gefüllten Cylinder mündet. Letzterer steht in einer sogenannten pneumatischen Wanne.

Fig. 2.



Wasserstoff. H = 1.

Eigenschaften. Der Wasserstoff ist gasförmig, farblos, geruchlos und ohne Geschmack. Er ist der leichteste Körper, und hat das spez. Gewicht = 0,0692. Der Wasserstoff ist brennbar unter Bildung von Wasser. Mit Luft oder Sauerstoff bildet er ein explodirbares Gemenge, sogen. Knallgas. Er kann die Verbrennung nicht unterhalten, und ebenso wenig den Athmungsprocess.

Die chemische Wirkung des Wasserstoffs ist der des Sauerstoffs gerade entgegengesetzt. Der Wasserstoff wirkt reducirend. Man kann durch ihn vielen Sauerverbindungen ihren Sauerstoff ganz oder zum Theil entziehen. So dient der Wasserstoff zur Darstellung vieler Metalle aus ihren Oxyden.

Vorkommen. Der Wasserstoff findet sich in verschwindend kleiner Menge in freiem Zustande in der atmosphärischen Luft. Er ist dagegen ein Bestandtheil des Wassers, und als solcher ist er sehr verbreitet, ferner findet er sich in vielen organischen Verbindungen.

Darstellung. Der Wasserstoff wird stets aus dem Wasser dargestellt, indem man demselben den Sauerstoff entzieht.

Folgende Gleichungen lassen sich für die Abscheidung des Wasserstoffs aus dem Wasser angeben:

$$2HO + K = KO\,HO + H.$$
Kalium. Kali.

$$HO + Cu = CuO + H.$$
Kupfer. wasserfreies Kupferoxyd.

$$HO + Fe = FeO + H.$$
Eisen. Eisenoxydul.

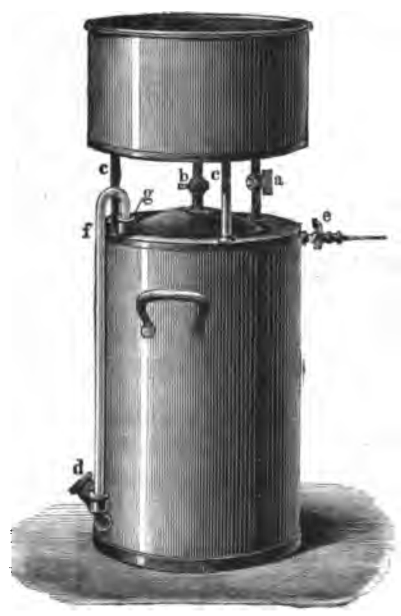
$$SO_3HO + Zn = ZnO\,SO_3 + H.$$
Schwefelsäure. Zink. Zinkvitriol.

Will man das Wasser durch Kalium oder Natrium zersetzen, so ist Vorsicht anzuwenden. Am besten füllt man einen Cylinder mit Wasser, stülpt ihn unter Wasser um, und bringt alsdann in einem Netz von Messingdraht ein erbsengrosses Stückchen Kalium oder Natrium unter die Mündung des Cylinders, indem man dafür sorgt, dass das Metall nicht in dem Cylinder in die Höhe steigt. Das sich entwickelnde Wasserstoffgas verdrängt das Wasser aus dem Cylinder. Die Einwirkung des Kaliums und Natriums auf Wasser ist schon bei gewöhnlicher Temperatur sehr heftig.

Die Zersetzung des Wassers durch Eisen oder Kupfer gelingt erst in der Glühhitze. Man leitet Wasserdampf über die Metalle, die sich in einer Röhre von Porzellan befinden, welche zum Glühen erhitzt wird.

Am einfachsten und leichtesten gelingt die Zersetzung des Wassers in der Schwefelsäure durch Zink oder auch andere Metalle wie Eisen. Man übergiesst Zinkstückchen mit verdünnter Schwefelsäure (1 conc. Schwefelsäure und 3 Wasser) in einer sogenannten Gasentwicklungsflasche. Dieselbe ist ähnlich wie die Woulff'sche Flasche, braucht aber nur zwei Hälse zu haben, durch deren einen ein Trichterrohr zum Nachgiessen der Säure geführt, während in der andern die Gasleitungsröhre hinein gepasst ist. Bezüglich des Aufsammelns des Gases gilt das Gleiche wie beim Sauerstoff. Es sei übrigens hier ein Apparat beschrieben, der zum Aufbewahren grösserer Mengen von Gas dient. Man nennt denselben **Gasometer**. Die beigegebene Figur stellt denselben dar. Er ist aus Kupferblech gefertigt, und besteht aus einem grösseren cylindrischen Gefässe und einem kleineren oben offnen Cylinder, welcher durch die Stützen

Fig. 3.



a, b, c, e getragen wird; a und b sind hohl und können durch Hähne abgeschlossen werden.

Die Röhre b geht bis zum oberen Rand des grösseren Cylinders, und a bis an den Boden desselben. Bei e befindet sich eine kleine horizontale, durch einen Hahn verschliessbare Röhre, und bei d eine nach aufwärts gebogene Röhre, welche durch eine Schraube luft- und wasserdicht verschlossen werden kann. Die Röhre fg endlich steht oben und unten mit dem Cylinder in Verbindung und ist von Glas. An dieser kann der Stand der Flüssigkeit im Gasometer beobachtet werden. Will man den Gasometer mit einem Gase füllen, so füllt man ihn zuerst mit Wasser an, schliesst die Hähne a b e und leitet durch die Oeffnung d das Gas ein. Das Wasser strömt alsdann aus. Ist der Gasometer nun mit Gas gefüllt, so schliesst man d mit der Schraube. Um das Gas zu beliebiger Verwendung aus dem Gasometer auszutreiben, öffnet man die Hähne e und a und lässt aus dem kleinen Cylinder durch a Wasser in den grösseren fliessen.

Das Platin in einem besonderen, sehr porösen Zustande hat die Eigenschaft Sauerstoff in seinen Poren in grosser Menge zu verdichten. Leitet man einen Strom von Wasserstoff auf solches Platin, welches Platinschwamm genannt wird, so entzündet sich derselbe und verbrennt mit schwachleuchtender Flamme. Darauf beruht die Einrichtung der bekannten Döbereiner'schen Zündmaschine.

Stickstoff. N = 14.*)

Eigenschaften. Der Stickstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas. Er hat das spez. Gewicht 0,9713. Er ist nicht brennbar und unterhält die Verbrennung nicht.

Der Stickstoff ist ein sehr indifferenter Körper und verbindet sich nicht leicht direct mit andern Elementen.

Vorkommen. Der Stickstoff findet sich in unverbundenem Zustande in der atmosphärischen Luft, von der er nahezu $^4/_5$ des Volumens und $^3/_4$ des Gewichtes ausmacht. In Verbindungen mit anderen Elementen ist er sehr häufig, so ist er namentlich ein Bestandtheil vieler im Thierkörper enthaltenen Verbindungen.

Darstellung. Man kann den Stickstoff aus der atmosphärischen Luft darstellen, indem man dieser den Sauerstoff entzieht. In den Laboratorien wird er übrigens meistens aus dem

*) Lavoisier nannte den Körper Azote (aus α privativum und ζωτικός das Leben erhaltend), und daher die häufige Bezeichnung Az für Stickstoff, wie sie namentlich die Franzosen noch vielfach gebrauchen.

Ammoniak gewonnen, welches eine Verbindung von Stickstoff mit Wasserstoff ist. Folgende Gleichungen drücken die Bildung des Stickstoffs aus.

$4NH_3$	+	$3Cl$	=	$3NH_4Cl$	+	N.
Ammoniak.		Chlor.		Salmiak.		

$KONO_3$	+	NH_4Cl.	=	KCl	+	$4HO$	+	$2N$.
salpetrigsaures Kali.		Salmiak.		Chlorkalium.				

Um Stickstoff aus Ammoniak darzustellen, bereitet man sich eine concentrirte Lösung dieses Körpers in Wasser, und leitet in dieselbe Chlorgas ein. Man hat dabei nur zu sorgen, dass stets ein Ueberschuss von Ammoniak zugegen ist, weil sonst Gefahr der Explosion eintritt, in Folge der Bildung einer Verbindung von Stickstoff mit Chlor, des sogen. Chlorstickstoffs.

Atmosphärische Luft.

Die Luft, welche die Erde umgiebt, ist ein Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff von constanter Zusammensetzung.

Dieselbe enthält Volumprocente 20,9 Sauerstoff
79,1 Stickstoff
100,00

Gewichtsprocente 23,1 Sauerstoff
76,9 Stickstoff
100,00

Ausser diesen beiden Bestandtheilen enthält die Luft noch andere Stoffe, aber in viel geringerer Menge. Sie enthält noch Kohlensäure, Ammoniak, salpetrige Säure und Wasserdampf.

Dass die Luft, trotz ihrer constanten Zusammensetzung keine chemische Verbindung, sondern ein mechanisches Gemenge ist, geht aus folgendem hervor:

1. Man kann Luft darstellen, wenn man reinen Stickstoff mit reinem Sauerstoff zusammen bringt. Würden sich beide Körper mit einander chemisch verbinden, so müsste Wärme entwickelt werden, was nicht geschieht.

2. Das Verhalten der Luft gegen Wasser ist, wie das eines Gemenges von Stickstoff und Sauerstoff. Wäre die Luft eine chemische Verbindung, so müsste sie von Wasser als solche gelöst werden, und die aus dem Wasser wieder ausgetriebene Luft müsste dieselbe Zusammensetzung haben, wie die gewöhnliche. Das ist nicht so, denn die im Wasser gelöst gewesene Luft hat die Zusammensetzung 34,9 Volumen Sauerstoff
65,1 „ Stickstoff
100,00

ist also viel reicher an Sauerstoff, als die gewöhnliche Luft. Stickstoff und Sauerstoff werden von Wasser nach ihren resp. Löslichkeitsverhältnissen aufgenommen.

Uebersicht über die drei Elemente Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff.

Diese drei Körper sind gasförmig, nicht coërcibel. Sie repräsentiren uns in ihren Eigenschaften die drei möglichen Hauptrichtungen wichtiger chemischer Reactionen.

Sauerstoff wirkt oxydirend, unterhält die Verbrennung, und ist nicht brennbar. Wasserstoff wirkt reducirend, unterhält die Verbrennung nicht und ist brennbar.

Stickstoff ist indifferent, unterhält die Verbrennung nicht und ist nicht brennbar.

Die Aequivalentgewichte und spezifischen Gewichte stehen in folgender Beziehung zu einander:

O	8	1,1056	16	Diese letzteren Zahlen bezeichnen das Verhältniss, in welchem die spez. Gewichte der drei Körper zu einander stehen.
H	1	0,0692	1	
N	14	0,9713	14	

Verbindungen der Elemente Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff.

Wasser.

Formel: HO.

Eigenschaften. Das chemisch reine Wasser ist eine in dünnen Schichten farblose Flüssigkeit, geruch- und geschmacklos. Dasselbe wird leicht in die anderen Aggregatszustände verwandelt. Es erstarrt zu Eis und verwandelt sich beim Erhitzen in Dampf. Sein grösstes spez. Gewicht hat das Wasser bei einer Temperatur von 4° C. beim Erwärmen dehnt es sich aus, aber auch beim Abkühlen und wird also leichter. Das ist die Veranlassung, warum Gefässe springen, wenn Wasser darin gefriert. Das spez. Gewicht des Wassers bei 4° C. ist = 1. Man vergleicht damit die spez. Gewichte aller festen und flüssigen Körper. Das spez. Gewicht des Wasserdampfes (die Dampfdichte) ist = 0,622 (Luft = 1).

Das Wasser wird durch den galvanischen Strom zersetzt. Es zerfällt in Wasserstoff und Sauerstoff. Auf diese Weise lässt sich die Zusammensetzung des Wassers festhalten. Man beobachtet nämlich, dass das Wasser sich zerlegt in 2 Volumina Wasserstoff und 1 Volumen Sauerstoff. Umgekehrt lässt sich aus einem Ge-

menge von 2 Volumen Wasserstoff und 1 Volumina Sauerstoff Wasser darstellen. Es entstehen dabei 2 Volumen Wasserdampf.

Daraus lässt sich die Zusammensetzung des Wassers in folgender Weise berechnen:

1 Volumen Sauerstoff wiegt	1,1056
2 Volumina Wasserstoff wiegen	0,1384
2 Volumina Wasserdampf wiegen	1,2440
1 Volumen Wasserdampf wiegt	0,622

Die Proportionen

$1{,}244 : 0{,}1056 = 100 : x \quad x = 88{,}89\ \%$ Sauerstoff

$1{,}244 : 0{,}1384 = 100 : y \quad y = 11{,}11\ \%$ Wasserstoff

führen zur procentischen Zusammensetzung.

Wasserstoff und Sauerstoff vereinigen sich unter Condensation mit einander.

1 Vol. O + 2 Vol. H = 3 Vol. des Gemenges geben 2 Vol. der Verbindung.

Die electrolytische Zersetzung des Wassers ist ein sehr wichtiger Versuch, insofern dadurch bewiesen wird, dass sich die Gase in einfachen Volumverhältnissen chemisch mit einander verbinden.

Vorkommen. In reinem Zustande findet sich das Wasser nirgends, dagegen mit den verschiedenartigsten Körpern verunreinigt und in verschiedenen Formen. Die natürlichen Wässer unterscheiden sich von einander durch ihre Bestandtheile.

Das Regenwasser ist das reinste. Es enthält nur in der Luft enthaltene Unreinigkeiten aufgelöst.

Das Quellwasser hat je nach dem Boden, dem es entquillt, sehr verschiedene Zusammensetzung.

Am reichsten an gelösten Stoffen sind die sog. Mineralwässer und die Soolwässer, welche letztere an vielen Orten als sogenannte Thermen zum Vorschein kommen. Sie besitzen eine viel höhere Temperatur als die Erde selbst, aus der sie entströmen. So hat das Wasser von Karlsbad 74° C., Wiesbaden 70° C.

Den Gehalt eines Quellwassers an Kalksalzen nennt man seine Härte, und bezeichnet als ein hartes Wasser ein solches, welches viel Kalksalze gelöst enthält.

Ausser in dieser Form findet sich das Wasser allerdings in verhältnissmässig geringer Menge in vielen Mineralien. Es spielt dort zum Theil die Rolle von Krystallwasser.

Darstellung. Das reine Wasser stellt man durch Destillation aus dem gewöhnlichen Wasser dar. In hierzu geeigneten Apparaten wird diese Destillation vorgenommen. Da man zu chemischen Arbeiten stets destillirtes Wasser gebraucht, so ist ein Destillationsapparat ein unbedingtes Bedürfniss für jedes Laboratorium. Von der Reinheit eines destillirten Wassers muss

man sich übrigens durch specielle Versuche überzeugen, weil Gase, welche im Wasser gelöst waren, unter Umständen auch nach der Destillation noch darin sein können.

Aus seinen Bestandtheilen lässt sich Wasser leicht zusammensetzen. Durch Verbrennung von Wasserstoff bildet sich dasselbe, also auch bei der Explosion von Knallgas.

Knallgas.

Es ist schon beim Wasserstoff gesagt worden, dass derselbe mit Luft oder Sauerstoff ein explodirbares Gasgemisch bildet. Es ist in der Luft nur der Sauerstoff, der zur Explosion beiträgt. Darum ist auch ein Gemenge von Wasserstoff und reinem Sauerstoff ein stärkeres Knallgas. Am stärksten explodirt ein Knallgas, welches beide Gase in dem Verhältniss enthält in dem sie Wasser bilden, also im Volumverhältniss 1 Sauerstoff und 2 Wasserstoff. Die durch Verbrennung von Wasserstoff im Knallgas hervorgebrachte Hitze ist grösser als jede, die wir in den gewöhnlichen Oefen hervorbringen können. Das Platin schmilzt in der Knallgasflamme mit Leichtigkeit, während es der Hitze der besten Oefen widersteht.

Es ist eine wichtige und bekannte Thatsache, dass viele Körper beim Erhitzen leuchten. Ein besonders helles Licht senden die alkalischen Erden, namentlich Kalk und Magnesia aus. Erhitzt man ein Stück kohlensauren Kalk oder Kreide mit der Knallgasflamme, so strahlt dasselbe ein so helles Licht aus, dass es die Augen nicht ertragen können (Drummond'sches Licht). Aehnliche Effecte in Bezug auf Temperatur und Licht erreicht man übrigens auch mit den Gemengen von Sauerstoff mit anderen Gasen. Das gewöhnliche Leuchtgas wird vielfach statt des Wasserstoffs angewandt.

Um die beschriebenen Versuche mit Knallgas auszuführen, bedient man sich einer Vorrichtung, welche man ein Gebläse nennt. Dasselbe hat zum Zweck, die beiden Gase in einem solchen Verhältniss und an solcher Stelle zu mischen, dass sie unmittelbar sich verbinden können, ohne Gefahr der Explosion der die Gase enthaltenden Gefässe.

Wasserstoffhyperoxyd.

$HO_2 = 17$.

Eigenschaften. Diese zweite Verbindung des Wasserstoffs mit Sauerstoff ist eine Flüssigkeit, welche mit Wasser in allen Verhältnissen mischbar, sich leicht beim Erhitzen, unter Abgabe

von 1O, zersetzt. Beständiger ist die Lösung des Wasserstoffhyperoxyds, wenn sie schwach sauer und verdünnt ist.

Diese Verbindung wirkt sehr heftig oxydirend, entfärbt z. B. Indigolösung und bläut mit Jodkalium und mit Stärke befeuchtetes Papier. Wenn man sie mit fein zertheilten Metallen, Gold, Silber. Platin zusammenbringt, so giebt sie in der Kälte schon Sauerstoff ab. Ebenso beim Zusammenbringen mit den Hyperoxyden mancher schweren Metalle, z. B. Manganhyperoxyd, Bleihyperoxyd etc.

Darstellung. Man erhält das Wasserhyperoxyd beim Einleiten von Kohlensäure in Wasser, in welchem sich Bariumhyperoxyd fein zertheilt befindet, in wässriger Lösung.

$$BaO_2 + HO + CO_2 = BaOCO_2 + HO_2$$

Durch langsames Verdunsten bei niederer Temperatur erhält man die reine Verbindung.

Dem Wasserstoffhyperoxyd reiht sich ein Körper nahe an, das

Ozon.

Eigenschaften. Das Ozon ist verdichteter Sauerstoff, gasförmig wie Sauerstoff, aber von höchst widerwärtigem Geruch. Sein spec. Gewicht ist anderthalbmal so gross als das des Sauerstoffs, also = 19584.

Das Ozon ist ein sehr heftiges Oxydationsmittel. Es vereinigt sich mit Wasser unter Bildung von Wasserstoffhyperoxyd, mit Metallen, die sich mit gewöhnlichem Sauerstoff nicht verbinden, z. B, mit Silber. Es oxydirt organische Stoffe mit Heftigkeit, wie das Wasserstoffhyperoxyd.

Durch Erhitzen wird Ozon in gewöhnlichen Sauerstoff verwandelt, es vergrössert dabei sein Volumen.

Höchst merkwürdig ist die Eigenschaft vieler ätherischer Oele, namentlich des Terpentinöls, gewöhnlichen Sauerstoff bei blosser Berührung mit demselben in Ozon zu verwandeln. Das Ozon wird von diesen Oelen absorbirt, lässt sich jedoch nicht aus denselben austreiben, wie andere absorbirte Gase, zeigt aber nichtsdestoweniger alle Reactionen, wenn auch schwächer.

Das Ozon wird erkannt an seinem Verhalten gegen Jodkalium, aus welchem es Jod abscheidet.

Wir werden später noch einmal auf das Ozon zurückkommen.

Vorkommen. Das Ozon ist ein in der Atmosphäre weit verbreiteter Körper, der übrigens nur in sehr geringer Menge darin enthalten ist. Namentlich reich ist die Luft an Ozon nach Gewittern.

Darstellung. Man hat das Ozon noch nicht in reinem Zustande dargestellt, dasselbe ist immer nur mit Luft oder Sauer-

stoff vermischt erhalten worden, und hat im Maximum 0,05 % des Gemenges betragen.

Das Ozon bildet sich bei vielen Prozessen. Bei der langsamen Oxydation des Phosphors und vieler anderen Körpern und namentlich beim Durchschlagen von elektrischen Funken (Blitz), oder beim Durchgang des galvanischen Stromes durch Sauerstoff oder Luft. Daher ist auch die Bildung von Ozon und Wasserstoffhyperoxyd bei der electrolytischen Zersetzung des Wassers erklärlich.

Ammoniak.

Formel: NH_3.

Eigenschaften. Das Ammoniak ist ein farbloses Gas von stechendem Geruch. Ungemein löslich in Wasser, 1 Volumen Wasser löst 700 Volumina Ammoniak bei niederer Temperatur, die Lösung reagirt alkalisch. Das Ammoniak kann durch Druck zu einer Flüssigkeit verdichtet werden, ebenso durch Kälte. Das Ammoniak ist eine starke Base, welche die stärksten Säuren, wie Salpetersäure und Schwefelsäure vollkommen neutralisirt. Es verbindet sich mit ihnen zu Salzen. Wir werden dieselben bei den Metallen beschreiben.

Das Ammoniak kann durch Erhitzen zersetzt werden, namentlich leicht, wenn man es über erhitzte Metalle leitet. Leichter geht die Zerzetzung in Stickstoff und Wasserstoff vor sich durch den elektrischen Funken. Es zerfallen dabei 2 Volumina Ammoniakgas in 3 Volumina Wasserstoff und 1 Volumen Stickstoff. Der Raum hat sich also bei der Zersetzung verdoppelt. Die Gase Wasserstoff und Stickstoff sind also unter Condensation von 4 auf 2 mit einander zusammengetreten. Das spec. Gewicht des Ammoniaks ist = 0,5894.

Das Ammoniak ist bei hoher Temperatur und in reinem Sauerstoff brennbar. Leitet man einen Strom Sauerstoffgas durch eine concentrirte Lösung von Ammoniak, welche siedet, so lassen sich die Dämpfe entzünden.

Vorkommen. Das Ammoniak ist ein, wenn auch geringer, Bestandtheil der atmosphärischen Luft. In Verbindung mit Säuren findet sich das Ammoniak ebenfalls in der Natur.

Darstellung. Das Ammoniak wird durch Erhitzen des Salmiaks mit Kalkmilch dargestellt.

$$NH_3\,HCl + CaOHO = NH_3 + CaCl + HO.$$

Auch andere Basen wie Kali oder Natron scheiden das Ammoniak beim Erhitzen aus dem Salmiak ab.

Um das Ammoniakgas zu reinigen, leitet man es durch eine Waschflasche mit Kalkmilch oder Kalilauge.

Zum Trocknen lässt sich Chlorcalcium nicht anwenden, weil dasselbe Ammoniak absorbirt, man trocknet das Ammoniak am besten durch Ueberleiten desselben über festes Kali. Wegen seiner grossen Löslichkeit in Wasser muss das Ammoniak über Quecksilber aufgefangen werden.

Flüssiges Ammoniak bereitet man sich entweder, indem man das Gas auf 4° C abkühlt, oder es einem Drucke von $6^{1}/_{2}$ Atmosphären aussetzt, am besten aber in folgender Weise: man leitet trocknes Ammoniak über Chlorsilber, welches grosse Mengen davon aufnimmt. Nachdem das Chlorsilber mit Ammoniakgas gesättigt ist, bringt man es in das geschlossene Ende einer knieförmig gebogenen Röhre, welche man alsdann auch am anderen Ende zuschmilzt. Erhitzt man nun das Chlorsilber schwach, während man den anderen Schenkel der Röhre abkühlt, so verdichtet sich in demselben das Ammoniak, welches aus dem Chlorsilber durch Erhitzen ausgetrieben wird.

Verbindungen des Stickstoffs mit Sauerstoff.

Es giebt deren fünf. Ihre Formeln sind folgende:

NO_5 Anhydrid der Salpetersäure.
NO_4 Untersalpetersäure.
NO_3 Anhydrid der salpetrigeu Säure.
NO_2 Stickstoffoxyd.
NO Stickstoffoxydul.

Zwei von diesen Verbindungen bilden mit Wasser Säuren, nämlich NO_5HO Salpetersäure und NOHO salpetrige Säure.[1]

1. Salpetersäure.

Formel: NO_5HO.

Eigenschaften. Die Salpetersäure ist eine bei 86° C. siedende, farblose, stark sauere, ätzende Flüssigkeit, welche die meisten Metalle angreift und löst, sehr heftig oxydirend wirkt. Dieselbe ist mit Wasser in allen Verhältnissen mischbar. Mit 3 Aeq. Wasser scheint sie eine chemische Verbindung zu bilden, denn diese Flüssigkeit hat einen constanten, bei 123° C. liegenden Siedepunkt. Das spec. Gewicht der Salpetersäure ist = 1,522.

Die Mischungen der Salpetersäure mit Wasser sind um so leichter, je weniger Salpetersäure sie enthalten.

Es giebt Tabellen über die Beziehungen des spec. Gewichtes der wasserhaltigen oder verdünnten Säuren zum Procentgehalt derselben an wasserfreier Salpetersäure, oder Salpetersäure selbst.

Man kann also aus dem spec. Gewicht mit Hülfe dieser Tabellen den Werth einer käuflichen Säure bestimmen. Die Verbindung $NO_5 HO + 3HO$ hat das spec. Gewicht = 1,42.

Die Salpetersäure kann bei sehr niederer Temperatur — 50° C. erstarren. Wenn man die wässrige Lösung der Salpetersäure destillirt, so wird sie concentrirter, bis sie das spec. Gewicht = 1,42 erlangt hat, alsdann destillirt die Verbindung $NO_5 HO + 3HO$, welche man das zweite Hydrat der Salpetersäure nennt, in Beziehung zu $NO_5 HO$, welche früher das erste Hydrat genannt wurde.

Die Salpetersäure ist ein leicht zersetzbarer Körper, indem sie schon beim einfachen Destilliren zum Theil zersetzt wird. Erhitzen auf höhere Temperatur veranlasst Zerfallen in Wasser, Sauerstoff und NO_4, und beim Durchleiten ihrer Dämpfe durch eine glühende Röhre zerfällt sie in Stickstoff, Sauerstoff und Wasser.

Das Anhydrid der Salpetersäure ist ein fester krystallinischer Körper, der erhalten wird, wenn man über trocknes salpetersaures Silberoxyd Chlorgas leitet; es sublimirt alsdann die wasserfreie Salpetersäure, die sich mit Wasser sehr leicht verbindet. Sie schmilzt bei 26,5° C. und siedet bei 46° C., zerfällt bei etwas höherer Temperatur in NO_4 und O.

Vorkommen. Die Salpetersäure findet sich in freiem Zustande in der Natur nicht, dagegen giebt es viele Salze derselben, so namentlich auch im Trinkwasser, welches übrigens nur Spuren enthält.

Der Chilisalpeter, der ostindische Salpeter sind Salze der Salpetersäure.

Darstellung. Stickstoff und Sauerstoff können durch den elektrischen Funken zur Vereinigung unter Bildung von Salpetersäure gebracht werden, bei Gegenwart von Wasser oder noch besser einer starken Base.

Ammoniak kann zu Salpetersäure oxydirt werden, und zwar schnell, wenn man dasselbe mit Sauerstoffgas gemengt über auf 300° C. erhitztes Platin leitet. Auch bei Gegenwart starker Basen, kann Ammoniak durch den Sauerstoff der Luft zu Salpetersäure oxydirt werden, welche dann allerdings als salpetersaures Salz erhalten wird.

Zur Darstellung der Salpetersäure, namentlich im Grossen, wendet man die Zersetzungen von Kalisalpeter durch Schwefelsäure an. Dieselbe wird bei Versuchen im Kleinen in Glasretorten vorgenommen. Sie verläuft nach folgender Formel:

$$KONO_5 + 2SO_3 HO = (KOSO_3 + HOSO_3) + NO_5 HO.$$

Da bei dieser Reaction erhitzt werden muss, so zersetzt sich meistens ein Theil der Salpetersäure, es entsteht Untersalpetersäure und salpetrige Säure, welche in der unzersetzten Säure ge-

löst bleiben, und ihr eine gelbe bis braune Farbe ertheilen. Eine sehr viel von beiden Zersetzungsproducten enthaltende Säure nennt man rothe rauchende Salpetersäure.

Verbindungen der Salpetersäure.

Die Salpetersäure bildet mit Basen Salze, die fast sämmtlich in Wasser löslich sind. Die Salze der Alkalimetalle und alkalischen Erdmetalle verpuffen auf Kohle erhitzt.

Dieselben geben für sich erhitzt Sauerstoff ab und verwandeln sich in salpetrigsaure Salze,

z. B. $KONO_5 = O_2 + KONO_3$.

Die salpetersauren Salze der schweren Metalle zerfallen ebenfalls beim Erhitzen. Sie geben Metalloxyd, Sauerstoff und Untersalpetersäure,

z, B. $PbO\,NO_5 = PbO + NO_4 + O$.
Salpetersaures Bleioxyd. Bleioxyd.

Die anderen Verbindungen des Stickstoffs mit Sauerstoff sind weniger wichtig. Untersalpetersäure und salpetrige Säure sind flüssig. Stickstoffoxyd und Stickstoffoxydul gasförmig.

Dieselben werden durch folgende Zersetzungen erhalten:

a. 1) $PbO\,NO_5 = PbO + NO_4 + O$.
a. 2) $NO_2 + O_2 = NO_4$.
b) $2NO_4 + HO = NO_3 + NO_5\,HO$.
c. 1) $3NO_3 + HO = 2NO_2 + NO_5\,HO$.
c. 2) $3Cu + 4NO_5\,HO = 3CuO\,NO_5 + NO_2 + 4HO$,
c. 3) $6FeO\,SO_3 + NO_5\,HO + 3SO_3\,HO = 3Fe_2O_3\,3SO_3 + NO_2 + 4HO$.
Eisenvitriol
d) $NH_3\,HO\,NO_5 = 2NO + 4HO$.
Salpetersaures Ammoniak.

Die Zersetzung a. 1) geht vor sich beim Erhitzen von trocknem salpetersaurem Bleioxyd; a, 2) beim blossen Zusammenbringen von Stickstoffoxyd mit Luft; b) beim Vermischen von NO_4 mit HO ebenso wie c, 1); c, 2) stellt die Auflösung von Kupfer in Salpetersäure dar, wobei sich Stickstoffoxyd entwickelt; c. 3) verläuft beim Erwärmen von mit Schwefelsäure versetzter Eisenvitriollösung mit Salpetersäure, das NO_2 entwickelt sich gasförmig; d) findet statt beim Erhitzen von trocknen salpetersaurem Ammoniak in einer Retorte.

Es ist noch zu erwähnen, dass salpetrige Säure entsteht, allerdings mit Stickstoffoxyd vermischt, wenn man Salpetersäure auf Stärke oder ähnliche Körper einwirken lässt. Auch arsenige Säure reducirt die Salpetersäure zu salpetriger Säure.

Das Stickstoffoxyd, auch Stickoxyd genannt, ist charakterisirt durch die Eigenschaft, mit Luft oder Sauerstoff in Berührung rothe Dämpfe von Untersalpetersäure zu geben.

Das Stickoxydul unterhält die Verbrennung, ähnlich wie der Sauerstoff. Es wird ausser durch seine Zusammensetzung nur durch die Eigenschaft, mit Stickoxyd keine rothen Dämpfe zu liefern, leicht von Sauerstoff unterschieden.

Zusammenstellung.

Die Verbindung der drei Elemente Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff untereinander repräsentiren uns die drei verschiedenen Klassen von Verbindungen. Das Wasser ist ein indifferenter Körper, Ammoniak eine starke Base und Salpetersäure eine starke Säure.

Schwefel.

S = 16.

Eigenschaften. Dieses Element ist ein fester Körper, der übrigens leicht in die beiden anderen Aggregatzustände überführt werden kann. Derselbe kann in verschiedenen allotropen Modificationen existiren. Der natürliche Schwefel ist krystallisirt in einer Form des rhombischen Systems. Erhitzt man denselben so schmilzt er, und beim raschen Erkalten erstarrt er amorph. Der Schwefel ist in Wasser nicht löslich, dagegen in Alkohol, Terpentinöl und vielen fetten Oelen, namentlich aber in Schwefelkohlenstoff. Eine Lösung des Schwefels in Schwefelkohlenstoff scheidet beim Verdunsten des Lösungsmittels denselben krystallisirt ab, und zwar in einer Form des rhombischen Systems. Lässt man geschmolzenen Schwefel langsam erkalten, so erstarrt er krystallinisch. Diese Krystalle sind wesentlich verschieden von denen des natürlichen Schwefels.

Der Schwefel schmilzt bei 111° C. und siedet bei 440° C. Er lässt sich destilliren. Der Schwefel ist brennbar. Er vereinigt sich beim Verbrennen mit zwei Aeq. Sauerstoff, und es entsteht das Anhydrid der schwefeligen Säure. Mit den meisten Metallen verbindet sich der Schwefel direct. Einige Metalle, wie Kupfer, verbrennen in Schwefeldampf, nachdem man sie ins Glühen gebracht, mit starkem Glanze.

Vorkommen. Der Schwefel findet sich gediegen in der Natur, und oft in sehr schönen Krystallen. Der Hauptfundort ist Sicilien. Aber auch in Verbindung ist der Schwefel sehr verbreitet. In dem schwefelsauren Kalk oder Gyps ist er sehr häufig.

Wichtiger sind übrigens die Verbindungen des Schwefels mit Metallen, deren es eine grosse Anzahl giebt. Man nennt sie meistens Kiese, Blenden oder Glanze. So ist der Eisenkies eine Verbindung von der Formel FeS_2.

Darstellung. Der in der Natur in gediegenem Zustande gefundene Schwefel wird behufs Entfernung von erdigen Beimengungen geschlämmt und alsdann destillirt.

Der Schwefel kommt in Form von Schwefelblumen und als Stangenschwefel in den Handel. Beide Formen sind krystallisirt. Erstere sehr klein.

Löst man Schwefel in Natron- oder Kalilauge auf, und versetzt die Flüssigkeit mit einer Säure, so scheidet sich der Schwefel in sehr fein getheiltem amorphen Zustand aus. Derselbe bleibt lange Zeit gleichmässig in der Flüssigkeit vertheilt. Man nennt eine solche Flüssigkeit Schwefelmilch. Folgende Formel stellt diesen Process dar:

$$NaS_5 + SO_3\,HO = NaO\,SO_3 + HS + S_4$$

NaS_5	$SO_3\,HO$	$NaO\,SO_3$	HS
Fünffach Schwefelnatrium. (Eins der Producte der Einwirkung von Schwefel auf Natronlauge.)	Schwefelsäure.	Schwefelsaures Natron.	Schwefelwasserstoff.

Auch aus Eisenkies lässt sich durch Erhitzen ein Theil des Schwefels abscheiden, der überdestillirt.

Verbindungen des Schwefels.

Schwefelwasserstoff.

$HS = 17.$

Eigenschaften. Der Schwefelwasserstoff ist ein Gas, welches die Reactionen einer Säure zeigt. Derselbe ist in Wasser löslich.

Er besitzt einen Geruch wie faulende Eier, ist farblos und hat einen süsslichen zusammenziehenden Geschmack. Sein spez. Gew. = 1,1912. Er lässt sich durch Druck zu einer farblosen Flüssigkeit verdichten. Der Schwefelwasserstoff ist sehr giftig, aber wenig gefährlich, weil er sich durch seinen Geruch sehr leicht zu erkennen giebt.

Der Schwefelwasserstoff ist mit blassblauer Flamme brennbar:

$$HS + O_3 = HO + SO_2.$$

Anhydrid der schwefligen Säure.

Diese Gleichung erklärt den Process der Verbrennung. Durch den Sauerstoff der Luft wird der Schwefelwasserstoff langsam oxydirt. Lässt man Schwefelwasserstoffwasser an der Luft stehen, so scheidet sich bald Schwefel ab, ein Zeichen, dass Zersetzung stattgefunden.

$$HS + O = HO + S$$

Hierbei wird nur der Wasserstoff verbrannt. Durch Oxydationsmittel, wie Salpetersäure, selbst verdünnte, wird er leicht zersetzt. Manchmal wird auch hierbei der Schwefel oxydirt. Durch concentrirte Salpetersäure bis zu Schwefelsäure.

Vorkommen. Der Schwefelwasserstoff ist ein Bestandtheil mancher Quellwässer, der sogenannten Schwefelwässer.

Darstellung. Aus vielen Verbindungen des Schwefels mit Metallen lässt sich durch stärkere Säure der Schwefelwasserstoff ausscheiden. Am häufigsten benutzt man Schwefeleisen, und öfters auch Schwefelantimon.

$$\underset{\text{Schwefeleisen.}}{FeS} + SO_3HO = \underset{\text{Eisenvitriol.}}{FeO\,SO_3} + HS.$$

(Durch Zusammenschmelzen von Eisen mit Schwefel dargestellt.)

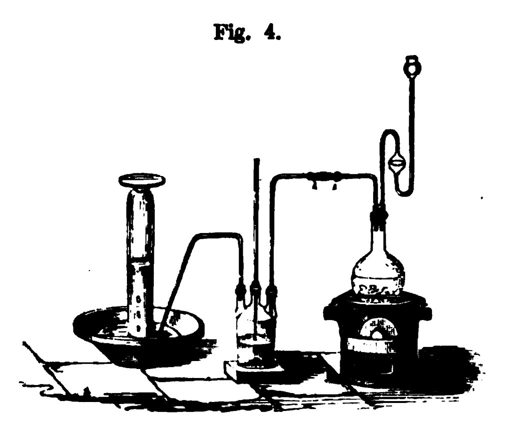
$$\underset{\text{Schwefelantimon.}}{SbS_3} + 3HCl = \underset{\text{Chlorantimon.}}{SbCl_3} + 3HS$$

Der Schwefelwasserstoff muss wegen seiner Löslichkeit in Wasser über Wasser aufgefangen werden, welches man mit Kochsalz oder einem andern den Schwefelwasserstoff nicht zerstörenden Salze gesättigt hat.

Zum Waschen des Gases kann man Wasser benutzen, und zum Trocknen Chlorcalcium.

Beigegebene Figur stellt den Apparat dar, welchen man bei Darstellung von Schwefelwasserstoff aus Schwefelantimon anwendet.

Fig. 4.



In den Kolben bringt man Schwefelantimon und concentrirte Salzsäure. Bei Anwendung von Schwefeleisen ist der Apparat etwas einfacher, weil man dann nicht zu erhitzen nöthig hat. Die wässrige Lösung des Gases, welche Schwefelwasserstoffwasser genannt wird, erhält man beim Einleiten des ersteren in kaltes Wasser. Durch Erhitzen lässt sich das Gas daraus verjagen.



Schwefelwasserstoff lässt sich in seine Bestandtheile zerlegen. Er ist zusammengesetzt aus 2 Raumtheilen Wasserstoff und 1 Raumtheil Schwefeldampf, welche zusammen 2 Raumtheile Schwefelwasserstoffgas bilden.

Eine Verbindung des Schwefels mit Wasserstoff mit der Formel HS_2 ist ebenfalls bekannt. Es ist eine leicht zersetzbare ölige Flüssigkeit.

Verbindungen des Schwefels mit Sauerstoff.

Mit Sauerstoff bildet der Schwefel sieben Verbindungen. Ihre Formeln sind:

SO_2 Anhydrid der schwefligen Säure.
SO_3 „ „ Schwefelsäure.
S_2O_2
S_2O_5
S_3O_5
S_4O_5
S_5O_5
} Seltenere und unwichtigere Säuren. Man nennt sie Thionsäuren.

Die beiden ersten Verbindungen sind wichtig und sollen genauer beschrieben werden.

1. Anhydrid der schwefeligen Säure.

Die Säure, welche diesem Anhydrid entspricht, ist nicht bekannt. Zwar kennt man eine Verbindung von SO_2 mit Wasser, aber diese hat die Formel $SO_2 + 15HO$ und stellt eine feste krystallinische Masse dar. Die schwefelige Säure selbst existirt nur in ihren Salzen. Aus denselben wird immer das Anhydrid ausgeschieden. Dieses Anhydrid führt den Namen „schwefelige Säure". Wir wollen diesen Namen ebenfalls beibehalten, unter ausdrücklicher Betonung, dass dieser Name eigentlich einer Verbindung derselben mit HO gehört.

Eigenschaften. Die schwefelige Säure ist ein Gas mit schwach saurer Reaction, farblos, mit dem Geruch des brennenden Schwefels. Es ist löslich in Wasser. Lässt sich durch Druck oder Kälte zu einer farblosen Flüssigkeit verdichten. Es hat ein spez. Gew. = 2,247.

Die Verbindung ist leicht oxydirbar, und wirkt desshalb vielfach als Reductionsmittel. Durch den freien Sauerstoff wird die trockene Verbindung nicht verändert, dagegen oxydirt sich die wässrige Lösung beim Stehen an der Luft. Es bildet sich dabei Schwefelsäure. Durch den electrischen Funken wird sie zerlegt nach der Gleichung $3SO_2 = S + 2SO_3$.

Vorkommen. Die schwefelige Säure findet sich nicht in

der Natur. Sie bildet sich aber bei manchen Processen und ist z. B. ein Bestandtheil der Eruptionsgase vieler Vulcane.

Darstellung. Die einfachste Darstellung der schwefeligen Säure ist die Verbrennung des Schwefels. Man erhält hierbei jedoch kein reines Gas. Am reinsten erhält man dasselbe beim Auflösen von gewissen Metallen in Schwefelsäure. Der auf S. 65 angegebene Apparat kann dabei benutzt werden. Die Gleichung für die Auflösung des Kupfers ist:

$$Cu + 2SO_3\,HO = \underset{\text{Kupfervitriol.}}{CuO\,SO_3} + \mathbf{SO_2} + 2HO.$$

Statt des Kupfers kann man auch Quecksilber, Wismuth oder andere Metalle anwenden.

Eine Methode der Darstellung der schwefeligen Säure beruht auf der Zersetzung von Schwefelsäure durch Kohle in der Hitze.

$$C + SO_3\,HO = \underset{\text{Kohlenoxyd.}}{CO} + \mathbf{SO_2} + HO.$$

Auch beim Erhitzen von Braunstein mit Schwefel bildet sich schwefelige Säure.

---

2. Schwefelsäure.

Formel: $SO_3\,HO$ oder $SO_2\,O_2\,H$.

Die Schwefelsäure ist eine sehr starke Säure. Sie bildet eine farblose ölige Flüssigkeit, die sich mit Wasser unter Erwärmen in allen Verhältnissen mischt. Sie hat ein spez. Gew. = 1,843. Bei niederer Temperatur (0° C.) erstarrt die Säure zu Krystallen, welche erst bei 10°—11° C. schmelzen.

Destillirt man eine verdünnte Schwefelsäure, so wird sie concentrirter, bis sie bei einer Temperatur von 338° C. in eine homogene Flüssigkeit übergeht, welche ein wenig mehr Wasser enthält als die Schwefelsäure. Dieses Wasser kann durch Erhitzen nicht ausgetrieben werden. Man nennt so destillirte Schwefelsäure concentrirte Schwefelsäure, welche beim Abkühlen die besprochenen Krystalle liefert.

Wie gesagt, findet beim Vermischen von Schwefelsäure mit Wasser Erwärmung statt, und es ist daher nöthig, die Schwefelsäure stets in das Wasser einzugiessen, und nicht umgekehrt, weil sonst leicht eine Explosion erfolgen könnte. Lässt man concentrirte Schwefelsäure an feuchter Luft stehen, so nimmt sie Wasser auf. Sie ist ein hygroscopischer Körper und kann desshalb zum Trocknen von Gasen und anderen Körpern verwendet werden, im Falle sie nicht zersetzend auf dieselben einwirkt.

Im Handel kommen verschiedene Sorten Schwefelsäure vor,

so die englische Schwefelsäure und die rauchende Schwefelsäure. Die erstere stimmt im Wesentlichen mit der beschriebenen concentrirten Schwefelsäure überein, aber die letztere ist verschieden; dieselbe enthält nämlich wasserfreie Schwefelsäure gelöst, welche bei gewöhnlicher Temperatur zum Theil verdampft, und mit der feuchten Luft in Berührung kommend, Nebel bildet, woher das Rauchen dieser Flüssigkeit kommt. Diese Säure führt auch den Namen „Nordhäuser Vitriolöl". Vitriolöl nannte man früher allgemein und nennt man noch jetzt sehr häufig die concentrirte Schwefelsäure, wegen der Abstammung von den als Vitriole bezeichneten Verbindungen.

Die rauchende Schwefelsäure vermischt sich unter sehr starker Erwärmung mit Wasser; lässt man dieselbe in einem feinen Strahle in Wasser fallen, so bemerkt man ein zischendes Geräusch, ähnlich dem beim Eintauchen eines glühenden Eisens in Wasser entstehenden.

Die concentrirte Schwefelsäure, wie die rauchende und die reine, ist eine stark ätzende Flüssigkeit, die alles Organische zerstört, auf die meisten anorganischen Körper zersetzend einwirkt, überhaupt mit grosser chemischer Reactionsfähigkeit begabt ist.

Vorkommen. Die Schwefelsäure findet sich in der Natur nur in Verbindung mit Basen.

Darstellung. Die gewöhnliche concentrirte Schwefelsäure, welche den Namen englische Schwefelsäure führt, wird im Grossen in Fabriken dargestellt, und zwar aus der schwefeligen Säure, welche durch Salpetersäure oxydirt wird. Der chemische Process, welcher zur Bildung der Schwefelsäure führt, lässt sich durch folgende Gleichung ausdrücken.

I. $3SO_2 + NO_5HO + 2HO = 3SO_3HO + NO_2$.

Es ist eine für die technische Leitung äusserst wichtige Thatsache, dass das gebildete NO_2 wieder zu Salpetersäure wird, so dass diese neugebildete Salpetersäure wieder schwefelige Säure oxydiren kann. Verliefe der Process genau so wie die Theorie ihn ausdrückt, so müsste durch eine kleine Menge von Salpetersäure eine unbegrenzte Menge von schwefeliger Säure oxydirt werden können. Die Processe, durch welche die Umwandlung von NO_2 in NO_5HO bewirkt wird, lassen sich durch folgende Gleichungen ausdrücken:

II. $3NO_2 + O_6 = 3NO_4$

III. $3NO_4 + 2HO = 2NO_5HO + NO_2$.

Zweidrittel des NO_2 ist oxydirt. Durch häufige Wiederholung dieser beiden Processe wird die Menge von NO_2, die unoxydirt bleibt, auf Null reducirt. In der Wirklichkeit verläuft übrigens

der Process nicht genau so wie es diese Gleichungen ausdrücken, indem namentlich Verluste herbeigeführt werden durch Abgang von NO_2 oder NO_4. Wir wollen uns nicht näher auf diese Frage von überwiegend technischem Interesse einlassen. In den Fabriken werden die genannten Processe in sog. Bleikammern vorgenommen, das sind grosse mit Bleiplatten ausgeschlagene Kammern, in welche man die zur Zersetzung nothwendigen Stoffe bringt. Die schwefelige Säure wird durch Verbrennen von Schwefel dargestellt, und gasförmig und mit Luft gemischt in die Kammern gebracht, die Salpetersäure wird flüssig in die Kammern gebracht. Man lässt sie in einem feinen Strahle auf eine terrassenförmig eingerichtete Pyramide von Porzellan aufträufeln, oder aber man leitet Stickoxydgas gasförmig in die Kammern, dieses verwandelt sich zunächst durch den Sauerstoff der Luft und Wasser in Salpetersäure. Das zur Realisirung der Gleichung III. nothwendige Wasser wird in Dampfform zugegeben.

Bei Versuchen im Kleinen kann man sich zur Bereitung der englischen Schwefelsäure eines Apparats bedienen, wie es durch die beigegebene Figur veranschaulicht wird.

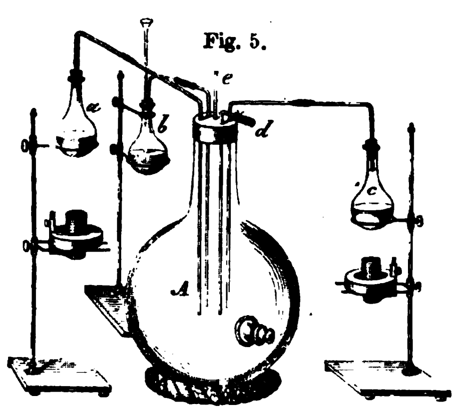


Fig. 5.

Aus a lässt man schwefelige Säure, entwickelt aus Kupfer und Schwefelsäure, aus b Stickoxyd, entwickelt aus Kupfer und Salpetersäure, aus c Wasserdampf und durch d Luft in den Ballon A treten. Bei nicht ganz richtigem Zufluss der einzelnen Körper treten Erscheinungen ein, die in der Praxis von grösster Wichtigkeit sind. Ist die Menge von Wasser nicht ausreichend, so bilden sich, wie dies im Glasballon leicht zu sehen ist, Krystalle, welche Schwefelsäure und salpetrige Säure enthalten. Dieselben können durch Wasser zersetzt werden; unterlässt man aber deren Zersetzung, so lösen sie sich in der Schwefelsäure auf, verunreinigen dieselbe, während ausserdem ein Verlust an NO_2 dadurch herbeigeführt wird.

Eine andere Methode der Gewinnung von Schwefelsäure beruht auf der Zersetzung des schwefelsauren Eisenoxyds.

Der bei manchen metallurgischen Processen als Nebenproduct gewonnene Eisenvitriol geht durch Rösten, d. h. Erhitzen bei Zutritt der Luft in schwefelsaures Eisenoxyd über. Durch starkes

Erhitzen des letzteren wird die Schwefelsäure abgeschieden. Man erhält hierbei die rauchende Schwefelsäure.

Das Anhydrid der Schwefelsäure stellt eine feste krystallinische Masse dar, die leicht schmilzt und schon bei 30—35° C. siedet. Sie kann in offnen Gefässen nicht aufbewahrt werden, weil sie Wasser anzieht und zerfliesst.

Sie wird erhalten beim Erwärmen von rauchender Schwefelsäure, wobei sie sich verflüchtigt. Sie wird in Gefässen von Glas aufgefangen, die man am besten vor der Gebläselampe zuschmilzt.

Gruppe der Halogene.

Chlor Ce = 35,5. Brom Br = 80
Jod J = 127. Fluor Fl = 19

Diese vier Elemente gehören vermöge der Aehnlichkeit ihrer chemischen Eigenschaften zusammen. Sie bilden eine besondere Gruppe von Verbindungen, und die Verbindungen derselben mit Wasserstoff sind gewissermaassen typisch. Man kennt nur die drei ersten in freiem Zustande; das Fluor ist nur in Verbindung mit Wasserstoff oder Metallen bekannt. Man nennt diese Elemente Halogene, weil sie mit Metallen direct Salze bilden.

Ihre Verbindungen mit Wassertoff sind Säuren. Diese Säuren sind in der Einleitung nicht besprochen worden, und sollen hier nun eingehender abgehandelt werden.

Die sog. „Wasserstoffsäuren" sind die Chlorwasserstoffsäure HCl, Bromwasserstoffsäure HBr, Jodwasserstoffsäure HJ, und Fluorwasserstoffsäure HFl.

Diese Säuren sind alle einbasisch und bilden mit Basen Salze nach folgenden Formeln:

$$HCl + KOHO^{*} = KCl + 2HO.$$
$$2HCl + SnO_2\,2HO^{**} = SnCl_2 + 4HO.$$
$$3HCl + Fe_2O_3\,3HO^{***} = Fe_2Cl_3 + 6HO.$$

Die Verbindungen KCl das Chlorkalium, $SnCl_2$ Zinnchlorid und Fe_2Cl_3 Eisenchlorid sind wahre Salze, welche übrigens auch erhalten werden können durch directe Vereinigung von den betreffenden Metallen K, Sn, Fe mit Chlor. Wie die Chlorwasserstoffsäure und das Chlor, verhalten sich die Wasserstoffverbindungen der anderen Halogene, und die Halogene selbst. Die durch

---

*) Als Vertreter der einsäurigen Basen.
**) Als Vertreter der zweisäurigen Basen.
***) Als Vertreter der dreisäurigen Basen.

Zersetzung der Wasserstoffsäuren mit Basen entstehenden Salze sind analog zusammen gesetzt mit den Anhydriden der Basen z. B.

KO	Anhydrid der Base Kali.	KCl	Chlorkalium
SnO_2	Anhydrid der Base Zinnoxyd.	$SnCl_2$	Zinnchlorid.
Fe_2O_3	Anhydrid der Base Eisenoxyd.	Fe_2Cl_3	Eisenchlorid.

Wir sehen, an Stelle von Sauerstoff im Anhydrid der Base steht Chlor im Chlorid.

Diese Salze nennt man Haloidsalze.

Die Verschiedenheit der Wasserstoffsäuren von den Sauerstoffsäuren, d. h. den gewöhnlichen Säuren ist keine so grosse, als es auf den ersten Blick erscheinen mag. Auch ist die Bildung der Salze dieser Säuren nicht so sehr verschieden von derjenigen der gewöhnlichen Salze. Nach den in der Einleitung gegebenen Auseinandersetzungen lässt sich die Entstehung eines Salzes auffassen, als erfolgt durch Vertretung von Wasserstoff der Säure durch Metall; so bildet sich salpetersaures Kali aus Salpetersäure und Kali nach folgender Gleichung:

$$\text{I.} \quad NO_4O_2\,H + KO_2H = NO_4O_2\,K + HO_2H.$$

oder

$$\text{II.} \quad NO_6\,H + KO_2\,H = NO_6\,K + HO_2\,H.$$

Die Gleichung

$$\text{III.} \quad Cl\,H + KO_2\,H = Cl\,K + HO_2\,H$$

drückt die Bildung des Chlorkaliums aus, und beide Gleichungen unterscheiden sich nur dadurch von einander, dass in II NO_6 steht, wo in III Cl.

Aber so einfach ist die Beziehung eben doch nicht.

Nach der Annahme der Radicale besteht die Salpetersäure aus drei Theilen:

$$\overset{1}{NO_4}\quad \overset{2}{O_2}\quad \overset{3}{H}$$

und demnach ist auch das salpetersaure Kali als aus drei Theilen bestehend zu betrachten:

$$\overset{1}{NO_4}\quad \overset{2}{O_2}\quad \overset{3}{K},$$

während die Chlorwasserstoffsäure und das Chlorkalium doch immer nur aus zwei Theilen bestehen können, nämlich:

$$\overset{1}{H}\ \overset{2}{Cl}\ \text{und}\ \overset{1}{K}\ \overset{2}{Cl}.$$

Für den gewöhnlichen Gebrauch schreibt man übrigens die Formeln der Salze nach der sog. dualistischen Ansicht z. B. salpetersaures Kali $KO\,NO_5$ und Chlorkalium KCl und in diesen Formeln wird allerdings eine Analogie nicht zu bemerken sein.

Specielle Beschreibung der einzelnen Halogene.

Das Chlor ist gasförmig, ein gelbgrünes stechend riechendes Gas von einem spez. Gewicht = 2,44 (athmosphärische Luft = 1). Es lässt sich durch Druck verflüssigen. Es verbindet sich mit den meisten anderen Elementen direct. Es ist löslich in Wasser. 1 Vol. Wasser nimmt bei niederer Temperatur 2,5 Vol. Chlorgas auf. Die wässrige Lösung des Chlors nennt man Chlorwasser. Das Chlorgas und das Chlorwasser wirken bleichend, indem sie namentlich organische Farbestoffe zerstören. Wässrige schweflige Säure wird durch Chlor in Schwefelsäure verwandelt nach der Gleichung: $SO_2 + 2HO + Cl = SO_3\,HO + HCl$. Vermöge seiner grossen Verwandtschaft zum Wasserstoff zersetzt das Chlor das Wasser, namentlich im Licht, in HCl und O. Es wirkt daher oxydirend. Man muss darum Chlorwasser im Dunklen auf wahren. Da das Chlor viele organische Stoffe zerstört, so wir es als antiseptisches Mittel gebraucht. In der Kälte verbind sich Chlor mit 10 Aeq. Wasser zu sogen. Chlorhydrat, eine weissen festen Körper. Das Chlorgas kann über Wasser aufg fangen, mit Wasser gewaschen, und mit Chlorcalcium oder co centrirter Schwefelsäure getrocknet werden.

Das Brom ist eine tiefbraune Flüssigkeit, welche unter N fest wird, und bei über 60° C. siedet. Aber schon bei gewö licher Temperatur stösst Brom stark riechende, Augen und Lu heftig angreifende braunrothe Dämpfe aus. Das spez. Gew des Broms ist = 2,97 (Wasser = 1). In Wasser ist Brom niger löslich als Chlor, bildet übrigens eine gelbgefärbte Lös Mit Wasser bildet es ein Hydrat. Br + 10HO.

Das Jod ist fest, bildet gewöhnliche stahlgraue metal glänzende Plättchen. Es hat ein spez. Gewicht = 4,95. Be wöhnlicher Temperatur giebt es schon stark Dämpfe aus. etwas über 100° C. siedet es und verwandelt sich in einer letten Dampf. Der Schmelzpunkt des Jods liegt so nahe be nem Siedepunkt, dass man bei gewöhnlichem Luftdruck da durch Erhitzen nicht zum Schmelzen bringt, indem es sich in Dampf verwandelt. Erhöht man aber den Druck, wodur Siedepunkt höher gerückt wird, während sich der Schmelzpunk ändert, so gelingt es das Jod zu verflüssigen. Es bildet a eine fast schwarze Masse. Das Jod ist in Wasser fast un dagegen leicht löslich in Alkohol, Aether, Benzoe und nam mit intensiv violetter Färbung in Schwefelkohlenstoff, mi dessen man das Jod leicht in grossen Krystallen erhalter Namentlich leicht löslich ist Jod in einer wässrigen Auflösu Jodwasserstoffsäure oder Jodkalium. Die alkoholische Lösu Jod nennt man Jodtinktur.

Das Jod wirkt viel weniger energisch auf andere Körper ein als Brom, und dieses schwächer als Chlor.

Das Jod ist, abgesehen von seinen interessanten physikalischen Eigenschaften, dadurch charakterisirt, dass es mit Stärke eine intensiv blaue Verbindung giebt. An dem Entstehen einer blauen Färbung mit verdünntem Stärkekleister kann man die Anwesenheit von freiem Jod (nicht von Jodverbindungen) erkennen. Auf der Haut bringt Jod einen gelben Fleck hervor.

Das Fluor ist nicht in freiem Zustand bekannt.

Vorkommen. Die Halogene kommen in freiem Zustande in der Natur nicht vor, dagegen in Verbindung mit Metallen sind sie sehr verbreitet. Das Chlornatrium ist das Meersalz und Steinsalz. Die Verbindungen von Chlor, Brom und Jod mit Kalium, Natrium, Magnesium und anderen Metallen sind Bestandtheile vieler Wasser. Mit Silber verbunden kommen dieselben ebenfalls vor.

Das Fluor ist ein Bestandtheil des Flussspaths und des Kryoliths, in ersterem ist Fluor mit Calcium und in letzterem mit Aluminium und Natrium verbunden. Ausserdem findet sich Fluor in manchen Apatiten.

Die Hauptquellen zur Gewinnung der Halogene und ihrer Verbindungen sind folgende: Für Chlor und seine Verbindungen stets das Meersalz oder Steinsalz. Für Brom ebenfalls die aus dem Meerwasser gewonnenen Salze, und für Jod die Asche der Seetange und Seealgen. Diese Asche wird in Schottland Kelp und in der Normandie Varec genannt. In neuerer Zeit hat man im Stassfurther Salzlager eine reiche Quelle für Bromverbindungen entdeckt.

Darstellung. Die freien Elemente stellt man entweder aus ihren Natrium- oder Kaliumverbindung durch Destillation mit Schwefelsäure und Braunstein, oder durch Einwirkung der Wasserstoffsäuren auf Braunstein dar. Ausserdem kann man durch Chlor das Brom und Jod aus ihren Salzen ausscheiden.

Das Chlor wird nach folgenden beiden Gleichungen erhalten.

$$NaCl + MnO_2 + 2SO_3\,HO = NaOSO_3 + MnOSO_3 + Cl + 2HO$$

NaCl	MnO₂		NaOSO₃	MnOSO₃
Chlornatrium od. Kochsalz.	Braunstein.		schwefelsaures Natron.	schwefelsaures Manganoxydul.

$$MnO_2 + 2HCl = MnCl + Cl + 2HO.$$

MnCl: Chlormangan.

Zur Realisirung der ersten Gleichung giesst man in einen Kolben, wie auf Seite 65, mit $^1/_2$ Theil Wasser vermischte concentrirte Schwefelsäure auf ein Gemisch von Braunstein und Kochsalz und erwärmt. Es entwickelt sich Chlorgas, welches über Wasser aufgefangen werden kann. Um das Chlor nach der zweiten Gleichung zu erhalten, erwärmt man Braunstein mit einer concentrirten Salzsäure, wie man die wässrige Lösung von Chlorwasserstoffsäure nennt. Das Brom wird ebenfalls nach der ersten der beiden Gleichungen erhalten, wenn man statt Chlornatrium, Bromnatrium oder Bromkalium anwendet, ebenso das Jod. Wegen der flüssigen Beschaffenheit des Broms wird dasselbe in einer Vorlage aufgefangen, ebenso das Jod.

Verbindungen der Halogene mit Wasserstoff.

Die Verbindungen HCl, HBr, HJ und HFl sind Gase, die durch Druck und Kälte zu farblosen Flüssigkeiten verdichtet werden können. Sie bilden mit feuchter Luft in Berührung weisse Nebel, und sind in Wasser sehr leicht löslich.

Dieselben werden nach folgenden Gleichungen dargestellt:

I. a) $NaCl + SO_3HO = NaOSO_3 + \mathbf{HCl}$
(NaCl: Kochsalz; $NaOSO_3$: schwefelsaures Natron.)

b) $PCl_3 + 6HO = PO_3 3HO + 3\mathbf{HCl}$
(PCl_3: Chlorphosphor; $PO_3 3HO$: phosphorige Säure.)

II. a) $J + 2HO + SO_2 = SO_3HO + \mathbf{HJ}$

b) $J + HS = \mathbf{HJ} + S$

c) $PJ_3 + 6HO = PO_3 3HO + 3\mathbf{HJ}$

III. $PBr + 6HO = PO_3 3HO + 3\mathbf{HBr}$

IV. $CaFl + SO_3HO = CaOSO_3 + \mathbf{HFl}$.
(CaFl: Fluorcalcium; $CaOSO_3$: schwefelsaurer Kalk.)

Zur Darstellung der Chlorwasserstoffsäure übergiesst man Kochsalz mit Schwefelsäure, die man mit $^1/_2$ Volumen Wasser verdünnt hat, in dem Apparat auf Seite 65. Das Gas wird durch concentrirte Schwefelsäure getrocknet, und über Quecksilber aufgefangen. Die concentrirte wässrige Lösung der Chlorwasserstoffsäure nennt man concentrirte Salzsäure. Sehr reine Chlorwasserstoffsäure erhält man durch Zersetzung des Chlorphosphors mit Wasser, die beim blossen Vermischen der beiden Flüssigkeiten schon vor sich geht.

Die Gleichung II a. verläuft beim Einleiten von schwefeliger Säure in Wasser, in welchem Jod vertheilt ist, ebenso II b., während II c. sich realisirt, wenn man feuchtes Jod mit amorphem Phosphor in einer Retorte schwach erwärmt, und III. beim Ueberleiten von Bromdampf über feuchten Phosphor. Fluorwasserstoff muss in Platin oder Bleigefässen dargestellt werden, weil er Glas und Porzellan angreift. Auch Silber wird von demselben gelöst. Jodwasserstoff und Fluorwasserstoff können nicht über Quecksilber aufgefangen werden.

Man wendet meistens die Säuren in wässriger Lösung an. In dieser Form lösen sie viele Metalle auf, unter Entwicklung von Wasserstoffgas.

z. B. $Fe + HCl = FeCl + H$
Chloreisen.

Die Halogene Chlor und Brom vereinigen sich direct mit Wasserstoff, während Jod dies nicht thut. Die Vereinigung von Chlor und Wasserstoff erfolgt im directen Sonnenlichte mit solcher Heftigkeit, dass die Gefässe, in denen sich das Gasgemenge befindet, zertrümmert werden. Ueberhaupt ist das Vereinigungsbestreben dieser Körper im Lichte grösser als im Dunkeln, so dass im Dunkeln dieselben lange neben einander unverbunden bestehen können.

Das Volumenverhältniss, in dem sich die Halogene mit Wasserstoff verbinden, ist sehr einfach. Es tritt 1 Vol. Cl mit 1 Vol. H zusammen und bilden 2 Vol. Chlorwasserstoffsäure. Genau so ist es bei Brom- und Jodwasserstoffsäure.

Königswasser.

Ein Gemisch von concentrirter Salzsäure und Salpetersäure nennt man Königswasser, weil es den König der Metalle, das Gold auflöst. Salzsäure allein löst viele Metalle, wirkt aber nicht auf Gold und Platin und einige andere, Salpetersäure löst ebenfalls viele Metalle, wirkt aber auch nicht auf Gold und Platin. Königswasser löst beide auf.

Man kann aus dem Königswasser durch Erhitzen zwei Verbindungen darstellen, welche Flüssigkeiten sind, und folgende Formeln haben: NO_2Cl_2 Chloruntersalpetersäure
NO_2Cl Chlorsalpetrigesäure.

Verbindungen der Halogene mit Sauerstoff.

Die wichtigsten derselben sind folgende:

ClO_5 Anhydrid der Chlorsäure
ClO „ „ unterchlorigen Säure.
JO_5 „ „ Jodsäure.

Die Säuren, welche diesen Anhydriden entsprechen, sind es die wir betrachten wollen, ausserdem ist das Anhydrid der Chlorsäure gar nicht bekannt.

Man kennt noch mehrere Verbindungen der Halogene mit Sauerstoff, welche ebenfalls Säuren sind. Die den drei hier genannten Körpern entsprechenden Säuren sind in freiem Zustand bekannt, übrigens ungemein wenig beständig. Sie bilden mit Basen Salze, und diese sind ungleich wichtiger als die freien Säuren. Die Chlorsäure ist eine dicke zähe Flüssigkeit, die sich mit Wasser schon bei etwas über 40° C. zersetzt, indem sie in Chlor und Sauerstoff zerfällt. Die unterchlorige Säure ist ein sehr leicht zersetzbares Gas und die Jodsäure ein fester Körper, dessen Zersetzung in Jod und Sauerstoff schon in der Einleitung erwähnt wurde.

Die Chlorsäure scheidet man aus dem chlorsauren Kali auf einem grossen Umwege ab, während die unterchlorige Säure aus ihren Salzen nicht abgeschieden werden kann, da sie sofort in Chlor und Sauerstoff zerfällt. Sie wird durch Einwirkung von Chlor auf in Wasser vertheiltes Quecksilberoxyd nach folgender Gleichung erhalten:

$$2HgO + Cl + HO = HgO\,HgCl + ClOHO.$$

Die Jodsäure kann aus ihren Salzen abgeschieden, aber auch durch Behandlung von festem Jod mit möglichst concentrirter Salpetersäure erhalten werden.

Chlorsäure und Jodsäure zersetzen sich mit Chlorwasserstoffsäure und Jodwasserstoffsäure nach folgenden Gleichungen:

$$ClO_5HO + 5HCl = 6Cl + 6HO$$
$$JO_5HO + 5HJ = 6J + 6HO.$$

Die unterchlorige Säure ist ein Bleichmittel, insofern sie wie das freie Chlor die organischen Farben zerstört. Eine wichtige Verbindung der unterchlorigen Säure ist der Bleichkalk oder Chlorkalk: $CaCl + CaOClO$.

Die Salze der drei genannten Säuren sind ziemlich beständige Verbindungen; jedoch werden die unterchlorigsauren Salze durch die schwächsten Säuren zersetzt, indem sich Chlor entwickelt, wobei sich die ausgeschiedene unterchlorige Säure sofort zersetzt.

Die bis jetzt beschriebenen Elemente bilden übrigens noch mehr Verbindungen mit einander. So kennt man Verbindungen des Stickstoffs mit Halogenen, welche folgende Formeln haben:

NCl_3 NJ_3 NH_3.

Diese Verbindungen zeichnen sich durch ihre Explodirbarkeit aus. Ebenso giebt es Verbindungen der Halogene Chlor, Brom, Jod untereinander als auch mit Schwefel. Letztere werden durch directe Vereinigung der Elemente erhalten, und sind meist leicht, namentlich durch Wasser zersetzbare Körper. Sie sind indifferent.

Zusammensetzung.

Wir wollen die Besprechung dieser Körper nicht beschliessen, ohne noch auf einige Thatsachen von theoretischem Interesse aufmerksam gemacht zu haben. Es lässt sich nämlich folgende Tabelle aufstellen, in welche die erste Columne die Namen, die zweite die Aequivalentgewichtszahlen, die dritte die spez. Gewichte der Dämpfe und die vierte das Verhältniss von zwei und drei enthält:

Sauerstoff O	8	1,1056	7,22
Wasserstoff H . . .	1	0,0691	14,44
Stickstoff N	14	0,9713	14,44
Schwefel S	16	2,2160	7,22
Chlor Cl	35,5	2,4850	14,44
Brom Br	80	5,540	14,44
Jod J	127	8,795	14,44
Wasser HO	9	0,623	14,44
Ammoniak NH_3 . .	17	0,589	28,88
Schwefelige Säure SO_2	32	2,216	14,44
Schwefelwasserstoff HS	17	1,177	14,44
Chlorwasserstoff HCl .	36,5	1,264	28,88
Bromwasserstoff HBr .	81	2,731	28,88
Jodwasserstoff HJ . .	128	4,443	28,88

Die Zahlen in der vierten Columne sind durch Division der Aequivalentgewichtszahlen durch die spez. Gewichtszahlen erhalten. Sie drücken uns die Beziehung aus, in denen die durch die Aequivalente im Dampfzustand erfüllten Räume der Körper zu einander stehen. Wir sehen, dass diese Beziehung sich durch die Zahlen 1, 2, 4 ausdrücken lässt, so dass ein Aequivalent Jodwasserstoff den doppelten Raum einnimmt, wie ein Aequivalent Wasserstoff, und den vierfachen wie ein Aequivalent Sauerstoff. Wir werden später auf diese Erscheinung zurückkommen.

Phosphor.

$P = 31$.

Eigenschaften. Der Phosphor ist in zwei allotropischen Modificationen bekannt. Die eine Modification ist weiss, krystallinisch, löslich in Schwefelkohlenstoff und sehr leicht entzündlich, leuchtet bei gewöhnlicher Temperatur im Dunklen schmilzt bei 44° C. und siedet bei 290° C.; die andere Modification ist roth, amorph, nicht löslich in Schwefelkohlenstoff, leuchtet nicht bei niederer Temperatur, schmilzt noch nicht bei 250° C. und entzündet sich nicht. Während der weisse Phosphor ein sehr starkes Gift ist, wirkt der rothe oder amorphe Phosphor nicht schädlich. Die beiden Modificationen können in einander verwandelt werden. Schon bei der Destillation des weissen Phosphors bildet sich etwas rother Phosphor. In grösserer Menge erhält man letzteren durch längeres Erhitzen des weissen Phosphors in hermetisch geschlossenen Gefässen auf etwa 260 280° C. Zur völligen Reingewinnung muss man den so erhaltenen Phosphor mit Schwefelkohlenstoff auslaugen, welcher den noch unveränderten weissen Phosphor auflöst. Die Rückverwandlung des rothen in weissen Phosphor gelingt ebenfalls durch Erhitzen, und zwar auf eine Temperatur von 290° C.

Die chemischen Eigenschaften beider Modificationen sind nur insofern von einander verschieden, als der rothe Phosphor überhaupt ein viel geringeres Vereinigungsbestreben hat, da er sich vor seiner Vereinigung mit andern Körpern wohl immer erst in gewöhnlichen weissen Phosphor verwandelt. Mit Sauerstoff vereinigt sich der Phosphor*) schon bei gewöhnlicher Temperatur, rascher beim Erwärmen; bei 50—60° C. entzündet sich der Phosphor unter Verbreitung eines sehr hellen Lichtes und Ausstossen von weissen Nebeln zu wasserfreier Phosphorsäure. Mit Chlor, Brom und Jod vereinigt sich Phosphor unter starker Wärmeentwicklung, mit Schwefel vereinigt sich der Phosphor mit explosionsartiger Heftigkeit. Bei langsamer Oxydation des Phosphors entsteht phosphorige Säure.

Mit vielen Metallen bildet der Phosphor sogenannte Legirungen.

Vorkommen. Der rothe Phosphor findet sich in der Natur nicht, und der weisse Phosphor auch nur als Phosphorsäure, d. h. mit Sauerstoff verbunden, und auch diese Phosphorsäure findet sich nicht in isolirtem Zustande, sondern

*) Wenn nur von Phosphor die Rede ist, so ist stets die weisse krystallinische Modification gemeint.

immer an Basen gebunden. Eine grosse Rolle spielt der Phosphor, als phosphorsaures Salz bei der Ernährung der Thiere und Pflanzen, da er einen wesentlichen Bestandtheil derselben bildet. Im Thierkörper ist er hauptsächlich in den Knochen als phosphorsaurer Kalk enthalten. Er ist ferner ein Bestandtheil vieler Mineralien. Vor allem ist er in den Phosphoriten enthalten als $3CaOPO_5$ sogen. basisch phosphorsaurer Kalk, in den Apatiten ebenso, ausserdem in Form phosphorsaurer Salze anderer Basen in vielen andern Mineralien.

Darstellung. Der Phosphor wird einzig und allein durch Reduction der Phosphorsäure dargestellt. Dieselbe erfolgt nach der Gleichung:

$$PO_5 + 5C = 5CO + P.$$

Man stellt sich dazu zwar nicht die wasserfreie Phosphorsäure her, sondern man verwendet phosphorsauren Kalk, den man durch Weissbrennen der Knochen erhält, behandelt diesen mit Schwefelsäure, wobei Gyps entsteht, von welchem man die phosphorsaure Verbindung trennt, und glüht die so erhaltene Masse, welche ein saures phosphorsaures Kalksalz enthält mit Kohle, in thönernen Retorten, wobei der Phosphor überdestillirt.

Der Phosphor wird, wie bekannt, hauptsächlich zur Fabrikation der Reibzündhölzchen verwendet, eine Anwendung, welche darauf beruht, dass derselbe sich bei der durch die Reibung entstehenden Wärme entzündet.

Verbindungen des Phosphors mit Wasserstoff.

Es giebt deren drei. Der gasförmige Phosphorwasserstoff PH_3, der flüssige PH_2 und der feste P_2H.

Diese drei Verbindungen sind brennbar, der flüssige Phosphorwasserstoff sogar selbstentzündlich.

Man erhält PH_3, wenn man Phosphor mit Kalilauge erhitzt. Meist ist das Gas übrigens verunreinigt durch Dämpfe von PH_2, wodurch dasselbe auch selbstentzündlich wird. Auch beim Zusammenbringen der Verbindungen von Phosphor mit Calcium und Wasser entwickelt sich PH_3 gemengt mit PH_2. Wirft man daher Stückchen von Phosphorcalcium in Wasser, welches man am besten etwas erwärmt hat, so steigen kleine Gasblasen aus demselben auf, welche sich bei der Berührung mit Luft sofort entzünden.

Wird eine concentrirte Lösung von phosphoriger Säure erhitzt, so entwickelt sich ebenfalls Phosphorwasserstoff, der sich

aber nicht von selbst entzündet. Jene zersetzt sich nach der Gleichung:

$$4PO_3\,3HO = 3PO_5\,3HO + PH_3.$$

Verbindungen des Phosphors mit Sauerstoff.

Man kennt deren drei:

PO_5 Anhydrid der Phosphorsäure.
PO_3 „ „ phosphorigen Säure.
PO „ „ unterphosphorigen Säure.

A. Verbindungen von PO_5 mit Wasser.

PO_5 verbindet sich in drei Verhältnissen mit Wasser und es entstehen dadurch drei Säuren mit folgenden Formeln:

1) $PO_5\,3HO$ Gewöhnliche Phosphorsäure.
2) $PO_5\,2HO$ Pyrophosphorsäure.
3) $PO_5\,HO$ Metaphosphorsäure.

Die drei Säuren sind die Vertreter dreier Klassen von Säuren, nämlich die gewöhnliche Phosphorsäure die der dreibasischen Säuren, die Pyrophosphorsäure die der zweibasischen, und die Metaphosphorsäure die der einbasischen Säuren. Man kann diese drei Säuren in einander verwandeln. Durch Erhitzen kann man der Verbindung $PO_5\,3HO$ ein Aequivalent Wasser entziehen, und Pyrophosphorsäure erhalten, und durch weiteres Erhitzen kann man dieser wieder ein Aequivalent Wasser entziehen und Metaphosphorsäure erhalten. Das letzte Aequivalent Wasser kann man durch Erhitzen nicht austreiben. Das Anhydrid dieser Säuren ist gemeinschaftlich und kann nur durch Verbrennung von Phosphor erhalten werden. Um gekehrt kann man durch Erwärmen mit Wasser die Metaphosphorsäure in Pyrophosphorsäure und diese in gewöhnliche Phosphorsäure umwandeln.

Zu bemerken ist, dass diese Säuren in Verbindung mit Basen beim Kochen mit Wasser keine Veränderung erleiden. Die Metaphosphorsäure ist in reinem Zustande eine durchsichtige weiche Masse, die beiden andern Säuren sind syrupartige Flüssigkeiten, während das Anhydrid ein fester weisser Körper ist, der sich mit Wasser unter starker Wärmeentwicklung vereinigt. Ist die Metaphosphorsäure mit einer Spur von Kalk oder Alkalien verunreinigt, so erstarrt sie zu einer glasartigen Masse. (Acidum phosphoricum glaciale.)

Die Säuren werden entweder dargestellt durch Verbrennen von Phosphor und Lösen des entstandenen Anhydrids in Wasser,

oder durch Oxydation des Phosphors mit Salpetersäure, schliesslich noch aus weissgebrannten Knochen nach einem ziemlich umständlichen Verfahren. Entweder zersetzt man den durch Weissbrennen aus den Knochen erhaltenen phosphorsauren Kalk ganz mit Schwefelsäure, oder man fällt den sauren phosphorsauren Kalk mit Ammoniak, erhält dadurch phosphorsaures Ammoniak, welches man eindampft und stark erhitzt. Bis auf eine kleine Spur geht dann alles Ammoniak weg.

Der Process verläuft im ersten Fall nach folgender Gleichung:

$$3CaO.PO_5 + 3SO_3HO = 3CaOSO_3 + PO_5 3HO.$$

Der schwefelsaure Kalk ist unlöslich und kann durch Filtration von der im Wasser gelösten Phosphorsäure getrennt werden. Im zweiten Fall verlaufen folgende zwei Gleichungen:

$$3(3CaO.PO_5) + 6SO_3HO = 6CaOSO_3 + 3(CaO\,2HO.PO_5)$$

saurer phosphorsaurer Kalk.

$$3(CaO\,2HO.PO_5) + 4NH_4O = 3CaO.PO_5 + 2(2NH_4O.HO\,PO_5) + 4HO$$

phosphorsaures Ammoniak.

Die Phosphorsäuren sind bei gewöhnlicher Temperatur keine starken Säuren, bei hoher Temperatur treiben sie dagegen alle flüchtigen Säuren aus ihren Salzen aus.

Die Salze der dreibasischen oder gewöhnlichen Phosphorsäure sind nach folgenden allgemeinen Formeln zusammengesetzt. M bedeute irgend ein Metall:

$3MO.\,PO_5$ neutrales Salz (auch basisches Salz genannt)
$2MO.HO.PO_5$ einfach saures Salz (meist gewöhnliches Salz)
$MO\,2HO.PO_5$ zweifach saures Salz.

Erhitzt man das Salz $2MO.\,HO\,PO_5$ zum Glühen, so erhält man unter Wasseraustritt ein Salz der Pyrophosphorsäure:

$$2MO.\,PO_5$$

und beim Erhitzen von $MO\,2HO.\,PO_5$ zum Glühen ein Salz der Metaphosphorsäure:

$$MO\,PO_5.$$

Diese Salze können durch Kochen mit Wasser nicht rückwärts in die ursprünglichen Substanzen verwandelt werden.

Die Salze der Pyrophosphorsäure sind zusammengesetzt nach den Formeln:

$2MO.\,PO_5$ neutrales Salz
$MO.HO\,PO_5$ saures Salz.

*) $4NH_4O$ bedeutet $= 4NH_3 + 4HO$. Das Ammomniak NH_3 verbindet sich nämlich zuerst mit Wasser und dann erst mit Säuren.

Durch Erhitzen wird letzteres Salz in ein metaphosphorsaures Salz verwandelt.

Die Metaphosphorsäure bildet keine sauren Salze.

Die Formeln dieser drei Säuren und ihrer Salze werden nach den in der Einleitung gegebenen Erörterungen auch anders geschrieben.

Dreibasische Phosphorsäure:

$$PO_5\ 3HO \text{ oder } \overset{\text{III}}{PO_2}\ O_6\ H_3$$

Pyrophosphorsäure:

$$PO_5\ 2HO \text{ oder } \overset{\text{II}}{PO_3}\ O_4\ H_2$$

Metaphosphorsäure:

$$PO_5\ HO \text{ oder } \overset{\text{I}}{PO_4}\ O_2\ H$$

Die Salze leiten sich dann nach folgenden Formeln ab:

Salze der dreibasischen Phosphorsäure:

$$\underset{\text{neutrales Salz}}{\overset{\text{III}}{PO_2}\ O_6\ M_3} \ .\ \underset{\text{einfach-saures Salz}}{\overset{\text{III}}{PO_2}\ O_6\ M_2H} \ .\ \underset{\text{zweifach-saures Salz.}}{\overset{\text{III}}{PO_2}\ O_6\ M\,H_2}\ .$$

Salze der Pyrophosphorsäure:

$$\underset{\text{neutrales Salz}}{\overset{\text{II}}{PO_3}\ O_4\ M_2} \ .\ \underset{\text{saures Salz.}}{\overset{\text{II}}{PO_3}\ O_4\ M\,H.}$$

Salze der Metaphosphorsäure:

$$\overset{\text{I}}{PO_4}\ O_2\ M.$$

Wasserstoff der Säure wird also hier durch Metalle vertret gedacht. Die Indices bezeichnen die Basicität.

Die Reactionen, wodurch sich die einzelnen Phosphorsäur von einander unterscheiden, sind folgende:

Die Metaphosphorsäure erzeugt in einer verdünnten und trirten Auflösung von Eiweiss einen starken weissen Niederschl und fällt eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd wei Die Pyrophosphorsäure fällt Eiweisslösung nicht, und die I sung von salpetersaurem Silberoxyd weiss.

Die gewöhnliche Phosphorsäure fällt Eiweisslösung auch nic aber eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd gelb.

An diesen Reactionen kann man erkennen, ob man die e oder die andere Säure vor sich hat.

Das Anhydrid der Phosphorsäure, PO_5, wird durch Verb nen von Phosphor in trockner Luft dargestellt. Es bildet weisse schneeartige Masse, die mit Wasser sich verbindet. Br man es in Wasser, so bemerkt man ein zischendes Geräusch, wenn ein glühendes Eisen in Wasser getaucht wird.

Leitet man die Verbrennung des Phosphors übrigens so, dass dieselbe nur langsam erfolgt, so erhält man das Anhydrid PO_3, der phosphorigen Säure. Durch Zusammenbringen dieses Letzteren mit Wasser erhält man die phosphorige Säure selbst. Sie enthält 3 Aeq. Wasser, von welchen übrigens nur zwei durch Metalloxyde vertreten werden können.

Die phosphorige Säure ist eine dicke zähe Flüssigkeit, die sich bei Abschluss von Feuchtigkeit in eine Krystallmasse verwandelt.

Diese Säure verträgt das Erhitzen nicht, sie zerfällt dabei nach der Gleichung:

$$4PO_3\,3HO = 3PO_5\,3HO + PH_3.$$

Auch durch directe Aufnahme von Sauerstoff verwandelt sie sich in Phosphorsäure. Sie ist deshalb ein Reductionsmittel.

Die phosphorige Säure wird entweder durch langsame Verbrennung von Phosphor erhalten, oder, und dann viel reiner, durch Zersetzung von Chlorphosphor mit Wasser nach der Formel:

$$PCl_3 + 6HO = PO_3\,3HO + 3HCl.$$

Die entstandene Salzsäure bleibt in der Flüssigkeit gelöst, und entweicht erst beim Verdampfen derselben zur Syrupsconsistenz.

Verbindungen des Phosphors mit anderen Metalloiden.

Man kennt eine ziemlich beträchtliche Anzahl von Verbindungen des Phosphors mit Metalloiden, von denen übrigens hier nur folgende erwähnt oder beschrieben werden sollen:

PS_5 Schwefelphosphor oder Phosphorsupersulfid
PCl_3 Chlorphosphor oder Phosphorchlorür
PCl_5 Phosphorsuperchlorid
PCl_3O_2 Phosphoroxychlorid

und einige Verbindungen von Phosphor mit Jod und Brom.

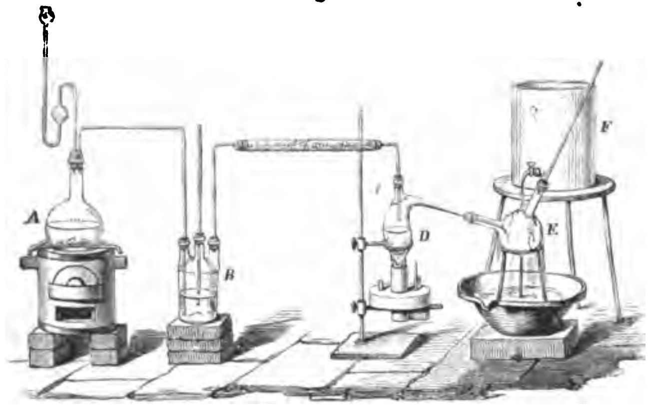
Diese Verbindungen entstehen mit Ausnahme des Phosphoroxychlorids durch directe Vereinigung der Elemente.

So erhält man Schwefelphosphor beim Erwärmen von Schwefel mit amorphem rothem Phosphor als eine feste Masse; den Chlorphosphor als eine farblose, bei 78° C. siedende, an der Luft in Folge von Zersetzung rauchende Flüssigkeit, beim Ueberleiten von Chlor über weissen krystallisirten Phosphor. Man wendet dazu den nachstehend gezeichneten Apparat an.

In die Retorte D bringt man Phosphor in Stücken, und entwickelt im Kolben A Chlor, welches in B mit Schwefelsäure und in der geraden Röhre durch Chlorcalcium gtrocknet wird. Der



Fig. 6.



gebildete Chlorphosphor destillirt in die Vorlage E über, welche durch das in F befindliche Kühlwasser kalt gehalten wird. Dieser Körper muss vor Feuchtigkeit geschützt werden, weil er sich mit Wasser mit Leichtigkeit zersetzt. Mit Chlor verbindet er sich zu einer gelben festen Verbindung, dem Phosphorsuperchlorid, welches sich nicht unzersetzt destilliren lässt, ebenso mit Brom zu einer Verbindung von der Formel PCl_3Br_2, welche in schönen dunkelrothen Krystallen erhalten wird, wenn man abkühlt, die aber schon bei der gewöhnlichen Sommertemperatur flüssig ist. Durch Zersetzung von PCl_5 mit wenig Wasser stellt man das Phosphoroxychlorid, eine farblose, bei 110° C. siedende Flüssigkeit, dar, welche gegen Wasser etwas beständiger ist, als die anderen chlorhaltigen Phosphorverbindungen.

Der Körper bildet sich nach der Gleichung:

$$PCl_5 + 2HO = PCl_3O_2 + 2HO.$$

Mit Jod und Brom vereinigt sich der Phosphor in mehreren Verhältnissen zu flüssigen und festen Verbindungen, die den Chlorverbindungen des Phosphors analog zusammengesetzt sind, und sich ebenso leicht wie diese durch Wasser zersetzen.

Bor.

Bo = 11.

Das Bor ist in drei allotropischen Modificationen bekannt. Als amorphes Bor, und in zwei verschiedenen Formen krystallisirt. Das krystallisirte Bor ist ungemein hart, da es selbst den Diamanten ritzt. Es ist nur bei der allerhöchsten Temperatur,

die man hervorzubringen im Stande ist, zum Schmelzen zu bringen.

Es findet sich in freiem Zustande nicht in der Natur, aber als Borsäure mit Sauerstoff verbunden.

Aus der Borsäure stellt man das freie Bor dar, indem man derselben durch Erhitzen mit Kalium oder Aluminium den Sauerstoff entzieht. Im ersten Falle erhält man das braune amorphe Bor, im letzteren dagegen die eine krystallisirte Form. Auch durch Erhitzen einer andern Verbindung des Bors, des Borfluorkaliums mit Aluminium, kann man Bor darstellen. So erhält man die zweite krystallisirte Modification.

Borsäure.

Formel BoO_3 3HO.

Eigenschaften. Die Borsäure ist eine schwache Säure. Sie ist fest und krystallinisch, und lässt sich leicht schmelzen, erstarrt dann zu einer amorphen Masse. Sie ist erst in der Weissglühhitze flüchtig.

Die Borsäure ist jedoch mit Wasserdämpfen flüchtig, und besonders leicht beim Erhitzen ihrer weingeistigen Lösung; es bildet sich hierbei nämlich eine flüchtige Verbindung, der sogen. Borsäureäther, welcher mit grüner Flamme verbrennt. Man benutzt dieses Verhalten zur Nachweisung der Borsäure, indem man die zu prüfende Substanz mit Weingeist und Schwefelsäure erwärmt, und die Dämpfe anzündet. Ihre wässrige Lösung bräunt Curcumapapier, und färbt blaues Lackmuspapier weinroth. Beim Erhitzen verliert sie Wasser, und verwandelt sich in das Anhydrid BoO_3. Mit den Alkalien bildet sie in Wasser lösliche Salze, von denen besonders der Borax wichtig ist. Derselbe hat eine Zusammensetzung, welche der Formel NaO $2BoO_3$ 10HO entspricht. Die Erklärung für diese eigenthümliche Zusammensetzung wollen wir auf später verschieben.

Vorkommen. Der Borax findet sich in der Natur, und führte früher den Namen Tinkal. Auch als Boracit (borsaure Magnesia) und Sassolin (freie Borsäure) findet sich die Borsäure in der Natur. Sehr interessant ist das Vorkommen dieser Säure in Toskana, wo sie mit Wasserdämpfen aus Spalten der Erde entweicht. Diese Dämpfe nennt man Suffionen. Sie sind die Hauptquelle für die Gewinnung von Borsäure und ihrer Salze.

Darstellung. Man erhält die reine Borsäure, wenn man die concentrirte Lösung von Borax mit concentrirter Salzsäure versetzt. Vermöge ihrer Schwerlöslichkeit fällt die Borsäure als

krystallinisches Pulver nieder. Sie ist, so erhalten, rein, wenn anders der Borax rein war.

Da der **Borax** das einzig wichtige Salz der Borsäure ist, wollen wir denselben hier im Zusammenhang mit der Säure selbst beschreiben.

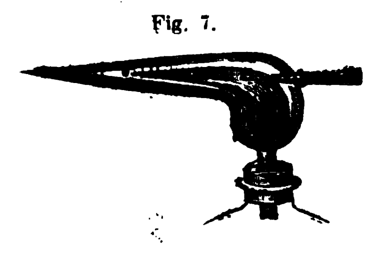
Derselbe ist ein in Wasser lösliches Salz, welches bei Temperaturen unter 60° C. in prismatischer Form mit 10 Aeq. Wasser krystallisirt, bei einer Temperatur von 70—90° C. übrigens nur mit 5 Aeq. Wasser verbunden in Octaedern krystallisirt erhalten wird. Der Borax schmilzt beim Erhitzen und verliert dabei Wasser, beim Erkalten bildet er ein durchsichtiges farbloses Glas. Der Borax ist im Stande, beim Schmelzen viele Metalloxyde zu lösen, d. h. mit ihnen schmelzbare Verbindungen zu bilden, welche häufig bestimmte Färbungen zeigen. So erhält man ein blaues Glas, wenn man Kobaltverbindungen mit Borax erhitzt. Chromoxyd giebt eine grüne, und Kupferoxyd unter gewissen Bedingungen eine rothe Masse.

Man kann dieses Verhalten der Metalloxyde zu ihrer Nachweisung benutzen, indem man sich in dem Oehre eines Platindrahtes eine kleine Menge Borax zu einer sogen. Perle schmilzt, und alsdann die zu prüfende Substanz daraufbringt, und nun nochmals zum Schmelzen erhitzt. Man bedient sich zur Erreichung der nöthigen Hitze des sogen. Löthrohrs, eines Instrumentes, welches dazu benutzt wird, um Luft oder Sauerstoff durch eine feine Oeffnung in eine Flamme zu blasen. Die durch Verbrennen von Leuchtgas oder Weingeist erhaltenen Flammen geben eine Hitze, die für die meisten derartigen Reactionen nicht stark genug ist; indem man Luft in eine solche Flamme bläst, wird die Verbrennung des Leuchtgases oder Weingeistes vollständig und rascher vor sich gehen, und darum wird eine stärkere Hitze erzeugt. Ein Löthrohr einfachster Construction ist eine rechtwinklig gebogene, an dem einen Ende mit einer sehr feinen Oeffnung, am andern Ende mit einem Ansatz, der als Mundstück dient, versehene Messingröhre, durch welche man Luft in der Art einbläst, dass man, während man das Mundstück zwischen die Lippen nimmt, die Backen aufbläht, und durch die Nase athmet. Hierdurch wird ein Luftstrom erhalten, stark genug, um den besten Effect der Löthrohrflammen hervorzubringen.

Die feine Spitze bringt man in den einen Rand der Flamme, und erhält dann eine Flamme, wie sie die nachstehende Figur zeigt.

An derjenigen Stelle, welche unter b bezeichnet ist, ist die stärkste Hitze. Der Theil a der Flamme ist die sogenannte Re-

Fig. 7.



ductionsflamme, während c die Oxydationsflamme ist. In a ist nämlich die Wirkung der Flamme selbst eine reducirende, während in c der Zutritt von athmosphärischem Sauerstoff stattfinden kann, so dass durch denselben eine Oxydation bewirkt werden kann.

Auch zum Löthen wird der Borax viel verwendet, indem er zwischen die aneinander zu löthenden Stellen gebracht wird. Er überzieht dieselben, indem er schmilzt, mit einer dünnen Schicht, und hält den Sauerstoff der Luft ab. Werden die beiden Metalle alsdann auf einander gedrückt, so wird der flüssige Borax herausgepresst, die Metalle kommen dann direct mit einander in Berührung. So schützt der Borax die erhitzten Metalle vor der Berührung mit Luft und damit vor Oxydation, während er zugleich beim Schmelzen die etwa schon gebildeten Metalloxyde auflöst und blanke Metallflächen herstellt.

Für diese Versuche eignet sich der octaedrische Borax besser als der prismatische, weil er weniger Wasser enthält. Letzterer bläht sich beim Erhitzen viel stärker auf, wodurch ein Umherspritzen und damit Verlust veranlasst wird.

Die wässrige Lösung des Borax reagirt alkalisch, obgleich die Menge von Säure in demselben grösser ist, als zur Sättigung von Natron erforderlich. Es zeigt dies eine wie schwache Säure die Borsäure ist.

Silicium.

Si = 14,2.

Das Element Silicium ist fest, und existirt in mehreren allotropischen Modificationen. Es bildet mit Sauerstoff zwei Verbindungen, von denen die eine, die Kieselsäure SiO_2, sehr wichtig ist.

Kieselsäure.

Formel SiO_2.

Die Kieselsäure ist ein Anhydrid und die zugehörige Säure ist noch nicht bekannt. Sie ist in mehreren allotropischen Modificationen bekannt. Die eine Form ist amorph, und die andere krystallisirt. Die amorphe Kieselsäure kennt man in einem Zustand, in dem sie in Salzsäure löslich ist, und in einem an-

dern unlöslichen Zustande. Die krystallisirte Kieselsäure ist in Salzsäure ebenfalls unlöslich. In Kalilauge ist namentlich die amorphe Kieselsäure löslich. Wichtig ist, dass die Kieselsäure, und zwar in jeder Modification, von Fluorwasserstoffsäure zersetzt wird. Gasförmige Fluorwasserstoffsäure bildet damit einen Körper, den man Fluorsilicium nennt, und wässrige Fluorwasserstoffsäure bildet die sogenannte Kieselfluorwasserstoffsäure. Auf dieser Eigenschaft der Fluorwasserstoffsäure, die Kieselsäure zu zersetzen und zu lösen, beruht die Anwendung der Ersteren zum Aetzen des Glases.

Bringt man die Auflösung von Kieselsäure in Kali in einen Ueberschuss von Salzsäure, so wird die Kieselsäure zwar in Freiheit gesetzt, sie scheidet sich aber nicht aus, sondern bleibt in der Salzsäure gelöst. Durch sogen. Dialyse *) kann man aus dieser Flüssigkeit die Salzsäure und das Chlorkalium entfernen, und erhält dann eine wässerige Lösung der Kieselsäure.

Versetzt man umgekehrt eine Lösung von Kieselsäure in Kali mit Salzsäure, so scheidet sich die Kieselsäure als eine weisse Gallerte ab. War die Lösung der Kieselsäure in Kali sehr concentrirt, so erstarrt auf Zusatz von Salzsäure die ganze Masse. Die hier sich abscheidende Kieselsäure ist die eigentliche Kieselsäure, nämlich die Verbindung des Anhydrids mit Wasser. Dieselbe ist nicht in reinem Zustand bekannt.

Durch Erhitzen wird diese in Salzsäure lösliche Modification der Kieselsäure unlöslich gemacht.

Vorkommen. Die Kieselsäure ist einer der verbreitetsten Körper. Sehr rein findet sie sich als Bergkrystall; auch Quarz, Opal, Feuerstein, Achat, sind Kieselsäure. Die drei zuletzt genannten Mineralien enthalten amorphe Kieselsäure.

In Verbindung mit Basen findet sich die Kieselsäure in einer grossen Anzahl von Mineralien, man nennt diese Mineralien „Silicate“ (siehe mineralog. Theil). Sehr interessant und wichtig ist das Vorkommen der Kieselsäure in den Pflanzen und in Thierkörpern. Namentlich die Cerealien enthalten Kieselsäure, die sich in ihrer Asche nachweisen lässt. In den Panzern gewisser Infusorien ist die Kieselsäure enthalten; sie bleibt bei der Verwesung dieser Thiere zurück. So findet sich die Kieselsäure namentlich auf der Lüneburger Haide. Sie wird dann Kieselguhr oder Infusorienerde genannt.

Darstellung. Reine Kieselsäure stellt man sich in den Laboratorien durch Zersetzung des Wasserglases, einer Verbindung von Kali mit Kieselsäure, durch eine Säure dar. Auch

*) Wir werden an einer andern Stelle ausführlicher diese Erscheinung behandeln.

aus Fluorsilicium bildet sich bei dessen Zersetzung mit Wasser Kieselsäure.

Verbindungen des Siliciums mit den Halogenen.

Mit Chlor verbindet sich das Silicium zu den Verbindungen $SiClHCl$, einer leicht beweglichen Flüssigkeit, und $SiCl_2$ ebenfalls einer Flüssigkeit, die sich wie die erste mit Wasser zersetzt.

Interessanter ist die Verbindung des Siliciums mit Fluor, $SiFl_2$, welche ein farbloses, an der Luft weisse Nebel bildendes Gas darstellt, das durch Druck zu einer Flüssigkeit verdichtet werden kann. Das Gas zersetzt sich mit Wasser nach der Gleichung:

$$3SiFl_2 + 2HO = SiO_2 + \underbrace{(SiFl_2 + 2HFl)}_{\text{Kieselfluorwasserstoffsäure.}}$$

Diese Kieselfluorwasserstoffsäure ist eine starke Säure, welche sich beim Erhitzen vollständig verflüchtigt. Sie bildet Salze, indem der Wasserstoff durch Metalle vertreten wird. So ist die Kaliumverbindung zusammengesetzt nach der Formel $(SiFl_2 + 2KFl)$. Diese Säure ist anzusehen als die Wasserstoffverbindung der Substanz an $SiFl_4$, sie ist demnach analog den Wasserstoffsäuren:

$$\begin{matrix} SiFl_4\,H_2 & \quad SiFl_4\,K_2 \\ Cl\;H & \quad Cl\;K. \end{matrix}$$

Das Fluorsilicium bildet sich, wenn man Quarz, also Kieselsäure mit Flussspath und concentrirter Schwefelsäure erhitzt.

Den Fluorverbindungen des Siliciums ähnliche Verbindungen bildet das Bor mit Fluor. So kennt man ein Fluorbor und eine Borfluorwasserstoffsäure.

Wir wollen im Zusammenhang mit den Verbindungen des Siliciums, auch die in der Technik so wichtigen Verbindungen der Kieselsäure mit Alkalien kurz beschreiben.

Verbindungen der Kieselsäure mit Alkalien.

Man kennt eine Anzahl Verbindungen von Kieselsäure mit Natron und Kali, die aber ihrer Zusammensetzung nach nicht genau bekannt sind. Man erhält dieselben entweder durch Auflösen von amorpher Kieselsäure in Natron- oder Kalilauge, oder beim Zusammenschmelzen von Quarz mit kohlensaurem Natron oder Kali. Diese Verbindungen sind in Wasser löslich. Bestreicht man mit der Lösung einer solchen Verbindung in Wasser einen Gegenstand, so überzieht er sich beim Trocknen mit einer firniss-

artigen Schicht. Steine werden dadurch vor Verwitterung geschützt, und brennbare Gegenstände verlieren ihre leichte Entzündlichkeit. Man nennt diese Verbindungen Wasserglas.

Die Verbindungen der Kieselsäure mit Alkalien sind sehr wesentliche Bestandtheile des gewöhnlichen Glases. Der grössere oder geringere Gehalt des Glases an kieselsauren Alkalien vermehrt oder vermindert die Schmelzbarkeit des Glases. Im Allgemeinen ist natronhaltiges Glas leichter schmelzbar, als kalihaltiges. Neben diesen Verbindungen enthält das Glas je nach seiner Verwendung mehrere andere Stoffe in wechselnder Menge, so namentlich Kalk, Magnesia, Thonerde, auch Bleioxyd. Zum Färben des Glases bedient man sich eines Zusatzes gewisser Metalloxyde, und es zeigen sich da ähnliche Erscheinungen wie bei der Herstellung der Boraxperlen. Chromoxyd färbt die Gläser grün, und Kobaltverbindungen blau, Zinnsäuregehalt macht das Glas matt und undurchsichtig (Milchglas, Email).

In der Natur finden sich die Verbindungen der Kieselsäure mit Alkalien sehr verbreitet. Eines der häufigsten Gesteine, der Feldspath, enthält als wesentlichen Bestandtheil kieselsaures Kali. Durch Verwitterung wird dieses Letztere in Lösung gebracht, und es bildet so der Feldspath eine sehr wichtige Quelle des Kalis im Ackerboden.

Kohlenstoff. C = 6.

Der Kohlenstoff existirt in drei verschiedenen allotropischen Modificationen, 1) als Kienruss (amorph), 2) als Graphit (krystallisirt), 3) als Diamant (ebenfalls krystallisirt). Der Kohlenstoff besitzt in den drei verschiedenen Zuständen ein verschiedenes spez. Gewicht. So hat der amorphe Kohlenstoff, je nach seiner Abstammung, ein verschiedenes spez. Gewicht von 1,6 — 2; der Graphit 2,2 und der Diamant 3,5. Die Eigenschaften dieser drei Modificationen sind sehr verschieden. So ist der reine amorphe Kohlenstoff nicht Leiter der Electricität und schlechter Leiter der Wärme, während der Graphit ein Electricitätsleiter ist; der Graphit hat einen schwachen Glanz, ist stahlgrau bis schwarz; der Diamant ist Nichtleiter der Electricität; er besitzt einen starken Glanz und grosses Lichtbrechungsvermögen. Der reine Diamant ist durchsichtig und farblos. Ebenso unterscheiden sich die drei Modificationen durch ihre Härte. Diamant ist neben Bor der härteste Körper den man kennt.

Gemeinschaftlich haben die drei Modificationen die Unschmelzbarkeit, Unlöslichkeit und die Brennbarkeit. Am leichtesten verbrennt der amorphe Kohlenstoff, schwerer der Diamant, und noch

schwerer der Graphit, d. h. die Entzündungstemperatur liegt bei denselben weit auseinander. Während Kohle schon bei der Rothglühhitze sich mit Sauerstoff verbindet, muss der Diamant mit dem Gebläse erhitzt werden, damit er sich entzünde. Immer verbrennt der Kohlenstoff zu Kohlenoxyd, wenn kein Ueberschuss von Sauerstoff vorhanden ist, und zu Kohlensäure, wenn letztere vorhanden ist.

Vorkommen. Einige sehr bekannte Formen des Kohlenstoffs, die Holzkohle, Steinkohle, Kienruss etc. sind nicht reiner Kohlenstoff, sondern enthalten denselben mehr oder weniger verunreinigt. Ausser in Steinkohlen findet sich der Kohlenstoff in der Natur noch in mehreren Formen, so in der Braunkohle, und im Anthracit. Am reinsten findet er sich als Diamant, weniger rein als Graphit.

Sehr wichtig sind die kohlenstoffhaltigen Stoffe, die oben genannt sind. Sie bilden in der Reihenfolge Braunkohle, Steinkohle, Anthracit, gewissermaassen eine Geschichte der vegetabilischen Stoffe, nach ihrem Ableben. Man kann den Torf, als erstes Zersetzungsproduct, namentlich des Holzes, auch noch in die Reihe einführen. Durch Fäulniss und Verwesung, einen Process, der sich auf eine grosse Reihe von Jahrhunderten ausdehnt, entstehen die einzelnen auseinander. So nimmt man an, seien die Braunkohlen aus Torf entstanden, durch langsame, durch Jahrhunderte dauernde Verwesung aus diesen die Steinkohlen, welche dann schliesslich sich in Anthracit verwandelt haben. Betrachtet man die Zusammensetzung des Holzes im Zusammenhang mit seinen Zersetzungsproducten bei der Fäulniss, so bemerkt man ein fortwährendes Zunehmen des Kohlenstoffs. Wir haben in den Zersetzungsproducten des Holzes, also in Braunkohlen, Steinkohlen etc. keine bestimmt charakterisirten Verbindungen, sondern es sind diese Körper Gemenge in wechselnder Zusammensetzung. Das Eine jedoch tritt regelmässig hervor; die Zunahme des Kohlenstoffgehaltes. Das Holz besteht im Wesentlichen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, und indem nun dieser Wasserstoff und Sauerstoff allerdings auch mit einem Theil des Kohlenstoffs aus der Verbindung austritt, entstehen diese Stoffe, welche wir als Verwesungsproducte des Holzes betrachten. Es enthält das Holz resp. die Holzfaser im Durchschnitt 50 % Kohlenstoff, die Braunkohle 70 %, die Steinkohle 76—90 % und der Anthracit 92 %. Drängt sich hiernach nicht der Gedanke auf, dass auch der Diamant, der doch reiner Kohlenstoff, auch durch Verwesung vegetabilischer Reste entstanden sei, wenn er auch nicht gerade alle die Zwischenstufen mit durchgemacht haben muss?

Die Dauer dieser Zersetzungen erstreckt sich nun über Zeiträume, die grösser sind, als das vermuthete Alter des Menschen-

geschlechtes, und wird nach Tausenden von Jahren gerechnet. Wie wichtig das Vorkommen dieser Kohlen in der Natur ist, für den Geologen und den Industriellen, kann hier nicht weiter ausgeführt werden.

Die wesentlichen Verunreinigungen der verschiedenen Arten von Kohlen sind hauptsächlich Wasserstoffverbindungen des Kohlenstoffs, neben vielen complicirt zusammengesetzten organischen Stoffen, abgesehen von den mineralischen Beimengungen, die einerseits aus der Pflanze selbst stammen, andererseits aber auch bei der Schichtung der Pflanzenreste mit Gestein und Erdreich in dieselben hineingekommen sind.

Ausser diesen in der Natur vorkommenden Kohlensorten werden noch eine Anzahl anderer Arten zu mannichfachen Zwecken künstlich dargestellt. Wir haben zunächst die Holzkohle, eine sehr poröse Masse, von einer derjenigen des Holzes sehr ähnlichen Structur; sie wird in Meilern gewonnen, und in neuerer Zeit namentlich auch als Nebenproduct bei der Bereitung des Leuchtgases aus Holz; dann die Coaks, welche aus Steinkohlen durch Erhitzen dargestellt, ebenfalls eine poröse Masse bilden; ferner als sehr wichtig die Knochenkohle und Thierkohle überhaupt. Diese Kohlen werden durch sogenannte trockene Destillation aus dem Holz, den Steinkohlen und thierischen Stoffen wie Knochen, Blut etc. dargestellt. Zum Behuf der trocknen Destillation erhitzt man die Stoffe bei Abschluss der Luft. Die genannten organischen Körper, zu denen die Steinkohlen in gewissem Sinne auch zu zählen sind, erleiden unter diesen Umständen eingreifende Veränderungen. Es bilden sich in Folge sehr complicirter Processe eine grosse Anzahl flüchtiger und gasförmiger Verbindungen, und eine mit Wasserstoffverbindungen des Kohlenstoffs und mit mineralischen Bestandtheilen mehr oder weniger verunreinigte Kohle bleibt zurück. Letztere stammen aus dem ursprünglichen Material, und bestehen bei Knochenkohle im Wesentlichen aus phosphorsaurem Kalk. Solche trockene Destillationen werden in neuerer Zeit sehr vielfach vorgenommen, da auf diese Weise aus Holz, Steinkohlen, Braunkohlen und bituminösen Schiefern (das sind Schiefer, die viel organische Stoffe beigemengt enthalten) Leuchtgas oder brennbare Oele dargestellt werden. Organische Körper, namentlich solche, die eine complicirte Zusammensetzung haben, erleiden beim Erhitzen Veränderungen. Hat der Sauerstoff im Ueberschuss den Zutritt, so verbrennen dieselben, ist dagegen der Sauerstoff mehr oder weniger ausgeschlossen, so bleibt der am schwersten verbrennliche Bestandtheil der organischen Verbindungen, der Kohlenstoff, unverbrannt. Sehr kohlenstoffreiche Körper, wie Terpentinöl, verbrennen deshalb mit russender Flamme.

Einige dieser Kohlenarten haben interessante Eigenschaften, die hier besprochen werden müssen. So absorbirt die Holzkohle eine grosse Menge von Gasen. Namentlich das Ammoniak wird in grosser Menge von Holzkohle aufgenommen. Die Kohle verdichtet das Gas in ihren Poren. Die in der Kohle verdichteten Gase können nur durch Glühen wieder ausgetrieben werden. Die Thierkohle, und in geringerem Grade auch die Holzkohle, hat die Eigenschaft Farbestoff-haltige Lösungen zu entfärben. Die Knochenkohle wird zu dieser Anwendung mit Salzsäure behandelt, um den phosphorsauren Kalk zu lösen, und dann mit den zu entfärbenden Flüssigkeiten gekocht. Diese Eigenschaft der thierischen Kohle bedingt die sehr häufige Anwendung derselben in der Technik. Ausser den Farbstoffen bindet die thierische Kohle namentlich auch Kalksalze, sowie manche Alkaloide (organische Basen) und organische Stoffe in grosser Anzahl. So findet sie daher Anwendung als Filter für unreines Wasser, da sie die Unreinigkeiten desselben zurückhält.

Darstellung. Den reinen Kohlenstoff kann man nur aus Kienruss darstellen, wenn man nicht den Diamanten verwenden will. Der Kienruss ist nicht ganz rein, indem er noch Wasserstoff in Verbindung mit Kohlenstoff enthält. Durch längeres Glühen von Kienruss in einem Strome trocknen Chlorgases erhält man reinen amorphen Kohlenstoff.

Auch der Graphit lässt sich darstellen. Das geschmolzene Eisen ist nämlich im Stande, Kohlenstoff aufzulösen. Beim Erkalten scheidet sich ein Theil des gelösten Kohlenstoffs in der Form von Graphit aus.

Der Kohlenstoff ist dasjenige Element, welches die grösste Verwandtschaft zu Sauerstoff besitzt. Dieselbe äussert sich übrigens activ erst bei höherer Temperatur, insofern erst bei Glühhitze eine Verbrennung des Kohlenstoffs erfolgt.

Vermöge dieses lebhaften Vereinigungsbestrebens eignet sich die Kohle als vortreffliches Reductionsmittel. Sie entzieht beim Glühen den meisten Metalloxyden ihren Sauerstoff, indem sie sich zu Kohlenoxyd CO mit ihm verbindet. Sogar dem Wasser entzieht die Kohle den Sauerstoff. Leitet man Wasserdampf über weissglühende Kohle, so bildet sich Kohlenoxyd und Wasserstoff nach der Gleichung: $HO + C = CO + H$.

Die reducirende Wirkung der Kohle wird zur Darstellung vieler Metalle aus ihren Sauerstoffverbindungen benutzt. Die hüttenmännische Gewinnung des Zinns z. B. gründet sich auf die Zersetzung: $\underset{\substack{\text{Zinnstein.} \\ \text{(Zinnoxyd.)}}}{SnO_2} + 2C = 2CO + Sn.$

Die Verbindungen dieses Elementes sind neben den Wasserstoff- und Sauerstoffverbindungen die zahlreichsten. Der Kohlenstoff ist ein Bestandtheil aller organisirten Stoffe, und aller organischen Verbindungen. Wir werden die Verbindungen desselben mit Ausnahme des Kohlenoxyds, der Kohlensäure, des Schwefelkohlenstoffs und des Kohlenoxysulfids als organische Verbindung im zweiten Abschnitte dieses Werkes beschreiben.

Kohlenoxyd.

Formel CO.

Eigenschaften. Das Kohlenoxyd ist ein gasförmiger Körper, farblos, ohne Geruch und Geschmack. Es ist etwas leichter als atmosphärische Luft und hat das spez. Gewicht = 0,967. Man hat das Kohlenoxyd noch nicht zu einer Flüssigkeit verdichten können. Seinem chemischen Charakter nach gehört es zu den indifferenten Körpern. Es ist brennbar, und verbrennt mit schwach leuchtender bläulicher Flamme zu Kohlensäure. Es giebt nur wenig Lösungsmittel für Kohlenoxyd. In Wasser ist es nahezu unlöslich. Eine Auflösung von Kupferchlorür in Salzsäure nimmt beträchtliche Mengen davon auf. Dieser Vorgang ist übrigens nicht als eine Auflösung zu betrachten, da das Kohlenoxyd mit dem Kupferchlorür und Wasser eine chemische Verbindung bildet, ebenso wie mit einem Bestandtheile des Blutes, welches letztere auch das Kohlenoxyd aufnimmt. Auf der Bildung der Verbindung des Kohlenoxyds mit dem sogen. Hämaglobin (Bestandtheil des Blutes), scheint die Giftigkeit des Kohlenoxyds zu beruhen.

Darstellung. Folgende Gleichungen bezeichnen die Processe, mit Hülfe deren das Kohlenoxyd dargestellt wird:

1) $CO_2 + C = 2CO$
Kohlensäure.

2) $CaO\,CO_2 + C = CaO + 2CO$
Kohlensaurer Kalk.

3) $C_4H_2O_8 = 2CO + 2CO_2 + 2HO$
Oxalsäure.

4) $KC_2N + 4SO_3HO + 2HO = (KOSO_3 + HOSO_3)$ $+ (NH_4O\,SO_3 + HOSO_3) + 2CO.$
Cyankalium. — saures schwefelsaures Kali — s. schwefels. Ammoniak.

Die Gleichung 1) wird realisirt beim Ueberleiten von Kohlensäure über glühende Kohlen, die Gleichung 2) beim Glühen von kohlensaurem Kalk (Kreide) mit Kohle, 3) beim Erhitzen von Oxalsäure mit concentrirter Schwefelsäure und 4) beim Erwärmen von Cyankalium, oder anderen Cyanmetallen mit concentrirter Schwefelsäure.

Da man bei 1) 2) und 3) das Kohlenoxyd meist mit Kohlensäure vermischt erhält, so reinigt man es durch Hindurchleiten durch Kali- oder Natronlauge, welche die Kohlensäure zurückhält. Der Zweck des Zusatzes von concentrirter Schwefelsäure bei 3) ist der, dass dieselbe das Wasser, welches sich bei der Zersetzung der Oxalsäure bildet, aufnimmt.

Das Kohlenoxyd ist ein Körper, dessen Bildung und Verbrennung wir sehr häufig beobachten können, da es sich beim Feuern in den Oefen sehr reichlich bildet, um sogleich wieder zu verbrennen, im Falle der Luftzutritt zu dem Feuer nur ungehindert stattfinden kann.

Die Luft, welche durch den Rost des Ofens zu den glühenden Kohlen gelangt, verbrennt dieselben zu Kohlensäure, diese durchstreicht die oberen Schichten der heissen Kohlen, wird zu Kohlenoxyd reducirt, letzteres Gas entweicht, und verbrennt alsdann oberhalb der Kohlen. Ist nun der Luftzutritt gehindert, so bleibt das Kohlenoxyd unverbrannt.

Kohlensäure.

Formel CO_2.

Kohlensäure nennt man eine Verbindung, welche das Anhydrid einer, bis jetzt noch nicht in freiem Zustande bekannten Säure darstellt.

Die Kohlensäure ist ein farb- und geruchloses Gas, von prikkelndem Geschmack. Sie ist schwerer als Luft und hat ein spez. Gewicht = 1,529. Die Kohlensäure lässt sich durch Druck zu einer Flüssigkeit verdichten. Man hat zur Verdichtung der Kohlensäure einen eignen Apparat construirt, mit welchem die Kohlensäure in eine schmiedeeiserne Flasche hineingepresst wird. Gleichzeitig wird die Kohlensäure stark abgekühlt, um die Wärme, welche durch die Verflüssigung des Gases erzeugt wird, zu absorbiren. Diese Wärme ist sehr gross. Damit sich flüssige Kohlensäure wieder in Gas verwandeln kann, muss sie diese Wärme wieder aufnehmen. Sie entzieht dieselbe den Körpern, mit denen sie zunächst in Berührung ist. Daher die grosse Abkühlung,

welche beim Verdunsten flüssiger Kohlensäure hervorgebracht wird. Diese Abkühlung ist so gross, dass ein Theil der noch flüssigen Kohlensäure erstarrt. Man erhält so die feste Kohlensäure, eine weisse, schneeähnliche Masse, die sich eine kurze Zeit in offnen Gefässen aufbewahren lässt. Sehr bald ist sie dagegen wieder verflüchtigt, und zwar nimmt hier Kohlensäure nicht die flüssige Form an, ehe sie sich wieder in Gas verwandelt. Der Druck, bei welchem sich Kohlensäure von 0° C. verflüssigt, ist = 36 Atmosphären, und die Temperatur, bei welcher die flüssige Kohlensäure erstarrt — 70° C.

Die Kohlensäure ist in Wasser löslich. Comprimirt man die Kohlensäure, so löst sich dem Gewichte nach mehr Gas im Wasser auf, da die Löslichkeit der Kohlensäure wie alle übrigen Gase in Bezug auf das Volumen bei jedem Druck die gleiche ist, und bei höherem Druck im gleichen Volumen Gas mehr Gewichtstheile Gas enthalten sind, als bei niederem Druck.

Darauf beruht die Construction der sogen. Liebig'schen Krüge. In denselben wird Kohlensäure entwickelt, und zwar mehr als der Krug bei gewöhnlichem Druck zu fassen vermag. Gestattet man dieser Kohlensäure nicht den Austritt, so wird sie von dem im Kruge befindlichen Wasser aufgelöst. Lässt man dieses Wasser ausfliessen, so entweicht ein Theil der gelösten Kohlensäure in Folge des Aufhörens stärkeren Druckes. Daher das Aufbrausen. Das Gleiche beobachtet man beim Champagner und andern moussirenden Flüssigkeiten.

Eine Flüssigkeit, welche Kohlensäure gelöst enthält, verliert dieselbe beim Erwärmen vollständig, das Gleiche geschieht beim Schütteln oder sonstigen Bewegen. Daher das Schäumen des Bieres.

Die wässrige Lösung der Kohlensäure röthet blaues Lackmuspapier. Die rothe Farbe verschwindet übrigens beim Trocknen.

Vorkommen. Die Kohlensäure ist ein normaler Bestandtheil der atmosphärischen Luft. Die Luft enthält übrigens nur 0,04 Volumprocente Kohlensäure, und zwar ist dieser Gehalt ein ziemlich constanter, so weit man dieses überhaupt bestimmen kann. An einzelnen wenigen Orten ist die Luft jedoch reicher an Kohlensäure. So in der Nähe vieler, namentlich der südamerikanischen Vulkane, wo sie sich unter den Eruptionsgasen findet. Die berühmte Hundsgrotte ist ebenfalls mit einer Atmosphäre, wenigstens in der Tiefe, gefüllt, welche bei weitem reicher an Kohlensäure ist.

In einer grossen Anzahl von Quellwässern ist Kohlensäure gelöst enthalten. Man nennt solche Wässer Säuerlinge. In dieselben scheint Kohlensäure eingepresst worden zu sein, wenigstens

Zersetzung der Wasserstoffsäuren mit Basen entstehenden Salze sind analog zusammen gesetzt mit den Anhydriden der Basen z. B.

KO Anhydrid der Base Kali. KCl Chlorkalium
SnO_2 Anhydrid der Base Zinnoxyd. $SnCl_2$ Zinnchlorid
Fe_2O_3 Anhydrid der Base Eisenoxyd. Fe_2Cl_3 Eisenchlorid.

Wir sehen, an Stelle von Sauerstoff im Anhydrid der Base steht Chlor im Chlorid.

Diese Salze nennt man Haloidsalze.

Die Verschiedenheit der Wasserstoffsäuren von den Sauerstoffsäuren, d. h. den gewöhnlichen Säuren, ist keine so grosse, als es auf den ersten Blick erscheinen mag. Auch ist die Bildung der Salze dieser Säuren nicht so sehr verschieden von derjenigen der gewöhnlichen Salze. Nach den in der Einleitung gegebenen Auseinandersetzungen lässt sich die Entstehung eines Salzes auffassen, als erfolgt durch Vertretung von Wasserstoff der Säure durch Metall; so bildet sich salpetersaures Kali aus Salpetersäure und Kali nach folgender Gleichung:

$$\text{I.} \quad NO_4O_2\,H + KO_2H = NO_4O_2\,K + HO_2H.$$

oder

$$\text{II.} \quad NO_6\,H + KO_2H = NO_6K + HO_2H.$$

Die Gleichung

$$\text{III.} \quad Cl\,H + KO_2H = Cl\,K + HO_2H$$

drückt die Bildung des Chlorkaliums aus, und beide Gleichungen unterscheiden sich nur dadurch von einander, dass in II NO_6 steht, wo in III Cl.

Aber so einfach ist die Beziehung eben doch nicht.

Nach der Annahme der Radicale besteht die Salpetersäure aus drei Theilen:

$$\overset{1}{NO_4}\ \overset{2}{O_2}\ \overset{3}{H}$$

und demnach ist auch das salpetersaure Kali als aus drei Theilen bestehend zu betrachten:

$$\overset{1}{NO_4}\ \overset{2}{O_2}\ \overset{3}{K},$$

während die Chlorwasserstoffsäure und das Chlorkalium doch immer nur aus zwei Theilen bestehen können, nämlich:

$$\overset{1}{H}\ \overset{2}{Cl} \text{ und } \overset{1}{K}\ \overset{2}{Cl}.$$

Für den gewöhnlichen Gebrauch schreibt man übrigens die Formeln der Salze nach der sog. dualistischen Ansicht z. B. salpetersaures Kali $KO\ NO_5$ und Chlorkalium KCl und in diesen Formeln wird allerdings eine Analogie nicht zu bemerken sein.

Specielle Beschreibung der einzelnen Halogene.

Das Chlor ist gasförmig, ein gelbgrünes, stechend riechendes Gas von einem spez. Gewicht = 2,44 (atmosphärische Luft = 1). Es lässt sich durch Druck verflüssigen. Es verbindet sich mit den meisten anderen Elementen direct. Es ist löslich in Wasser. 1 Vol. Wasser nimmt bei niederer Temperatur 2,5 Vol. Chlorgas auf. Die wässrige Lösung des Chlors nennt man Chlorwasser. Das Chlorgas und das Chlorwasser wirken bleichend, indem sie namentlich organische Farbestoffe zerstören. Wässrige schweflige Säure wird durch Chlor in Schwefelsäure verwandelt nach der Gleichung: $SO_2 + 2HO + Cl = SO_3 HO + HCl$. Vermöge seiner grossen Verwandtschaft zum Wasserstoff zersetzt das Chlor das Wasser, namentlich im Licht, in HCl und O. Es wirkt daher oxydirend. Man muss darum Chlorwasser im Dunklen aufbewahren. Da das Chlor viele organische Stoffe zerstört, so wird es als antiseptisches Mittel gebraucht. In der Kälte verbindet sich Chlor mit 10 Aeq. Wasser zu sogen. Chlorhydrat, einem weissen festen Körper. Das Chlorgas kann über Wasser aufgefangen, mit Wasser gewaschen, und mit Chlorcalcium oder concentrirter Schwefelsäure getrocknet werden.

Das Brom ist eine tiefbraune Flüssigkeit, welche unter Null fest wird, und bei über 60° C. siedet. Aber schon bei gewöhnlicher Temperatur stösst Brom stark riechende, Augen und Lunge heftig angreifende braunrothe Dämpfe aus. Das spez. Gewicht des Broms ist = 2,97 (Wasser = 1). In Wasser ist Brom weniger löslich als Chlor, bildet übrigens eine gelbgefärbte Lösung. Mit Wasser bildet es ein Hydrat. $Br + 10HO$.

Das Jod ist fest, bildet gewöhnlich stahlgraue, metallisch glänzende Plättchen. Es hat ein spez. Gewicht = 4,95. Bei gewöhnlicher Temperatur giebt es schon stark Dämpfe aus. Bei etwas über 100° C. schmilzt es und bildet alsdann eine fast schwarze Flüssigkeit. Bei einer Temperatur von 180° C. siedet es und verwandelt sich in einen prachtvoll violett gefärbten Dampf. Beim Erkalten des flüssigen oder dampfförmigen Jods kann man schöne Krystalle erhalten. Die Tension oder Spannung des Joddampfes ist übrigens schon bei gewöhnlicher Temperatur so gross, dass sich die Stopfen der Gläser, in denen Jod aufbewahrt wird, mit Jod beschlagen. Das Jod ist in Wasser fast unlöslich, dagegen leicht löslich in Alkohol, Aether, Benzol und namentlich mit intensiv violetter Färbung in Schwefelkohlenstoff, mit Hülfe dessen man es leicht in grossen Krystallen erhalten kann. Namentlich leicht löslich ist es in einer wässrigen Auflösung von Jodwasserstoffsäure oder Jodkalium. Die alkoholische Lösung von Jod nennt man Jodtinktur.

aus Fluorsilicium bildet sich bei dessen Zersetzung mit Wasser Kieselsäure.

Verbindungen des Siliciums mit den Halogenen.

Mit Chlor verbindet sich das Silicium zu den Verbindungen Si_2Cl_2HCl, einer leicht beweglichen Flüssigkeit, und $SiCl_2$ ebenfalls einer Flüssigkeit, die sich wie die erste mit Wasser zersetzt.

Interessanter ist die Verbindung des Siliciums mit Fluor, $SiFl_2$, welche ein farbloses, an der Luft weisse Nebel bildendes Gas darstellt, das durch Druck zu einer Flüssigkeit verdichtet werden kann. Das Gas zersetzt sich mit Wasser nach der Gleichung:

$$3SiFl_2 + 2HO = SiO_2 + \underbrace{2(SiFl_2 + HFl)}_{\text{Kieselfluorwasserstoffsäure.}}$$

Diese Kieselfluorwasserstoffsäure ist eine starke Säure, welche sich beim Erhitzen vollständig verflüchtigt. Sie bildet Salze, indem der Wasserstoff durch Metalle vertreten wird. So ist die Kaliumverbindung zusammengesetzt nach der Formel ($SiFl_2$ + KFl). Diese Säure ist anzusehen als die Wasserstoffverbindung der Substanz $SiFl_3$, sie ist demnach analog den Wasserstoffsäuren:

$$\begin{matrix} SiFl_3\,H & SiFl_3\,K \\ Cl\,H & Cl\,K. \end{matrix}$$

Das Fluorsilicum bildet sich, wenn man Quarz, also Kieselsäure mit Flussspath und concentrirter Schwefelsäure erhitzt.

Den Fluorverbindungen des Siliciums ähnliche Verbindungen bildet das Bor mit Fluor. So kennt man ein Fluorbor und eine Borfluorwasserstoffsäure.

Wir wollen im Zusammenhang mit den Verbindungen des Siliciums auch die in der Technik so wichtigen Verbindungen der Kieselsäure mit Alkalien kurz beschreiben.

Verbindungen der Kieselsäure mit Alkalien.

Man kennt eine Anzahl Verbindungen von Kieselsäure mit Natron und Kali, die aber ihrer Zusammensetzung nach nicht genau bekannt sind. Man erhält dieselben entweder durch Auflösen von amorpher Kieselsäure in Natron- oder Kalilauge, oder beim Zusammenschmelzen von Quarz mit kohlensaurem Natron oder Kali. Diese Verbindungen sind in Wasser löslich. Bestreicht man mit der Lösung einer solchen Verbindung in Wasser einen Gegenstand, so überzieht er sich beim Trocknen mit einer firniss-

artigen Schicht. Steine werden dadurch vor Verwitterung geschützt, und brennbare Gegenstände verlieren ihre leichte Entzündlichkeit. Man nennt diese Verbindungen Wasserglas.

Die Verbindungen der Kieselsäure mit Alkalien sind sehr wesentliche Bestandtheile des gewöhnlichen Glases. Der grössere oder geringere Gehalt des Glases an kieselsauren Alkalien vermehrt oder vermindert die Schmelzbarkeit des Glases. Im Allgemeinen ist natronhaltiges Glas leichter schmelzbar, als kalihaltiges. Neben diesen Verbindungen enthält das Glas je nach seiner Verwendung mehrere andere Stoffe in wechselnder Menge, so namentlich Kalk, Magnesia, Thonerde, auch Bleioxyd. Zum Färben des Glases bedient man sich eines Zusatzes gewisser Metalloxyde, und es zeigen sich da ähnliche Erscheinungen wie bei der Herstellung der Boraxperlen. Chromoxyd färbt die Gläser grün, und Kobaltverbindungen blau, Zinnsäuregehalt macht das Glas matt und undurchsichtig (Milchglas, Email).

In der Natur finden sich die Verbindungen der Kieselsäure mit Alkalien sehr verbreitet. Eines der häufigsten Gesteine, der Feldspath, enthält als wesentlichen Bestandtheil kieselsaures Kali. Durch Verwitterung wird dieses Letztere in Lösung gebracht, und es bildet so der Feldspath eine sehr wichtige Quelle des Kalis im Ackerboden.

Kohlenstoff. C = 6.

Der Kohlenstoff existirt in drei verschiedenen allotropischen Modificationen, 1) als Kienruss (amorph), 2) als Graphit (krystallisirt), 3) als Diamant (ebenfalls krystallisirt). Der Kohlenstoff besitzt in den drei verschiedenen Zuständen ein verschiedenes spez. Gewicht. So hat der amorphe Kohlenstoff, je nach seiner Abstammung, ein verschiedenes spez. Gewicht von 1,6—2; der Graphit 2,2 und der Diamant 3,5 Die Eigenschaften dieser drei Modificationen sind sehr verschieden. So ist der reine amorphe Kohlenstoff Nichtleiter der Electricität und schlechter Leiter der Wärme, während der Graphit ein Electricitätsleiter ist; der Graphit hat einen schwachen Glanz, ist stahlgrau bis schwarz; der Diamant ist Nichtleiter der Electricität; er besitzt einen starken Glanz und grosses Lichtbrechungsvermögen. Der reine Diamant ist durchsichtig und farblos Ebenso unterscheiden sich die drei Modificationen durch ihre Härte. Diamant ist neben Bor der härteste Körper, den man kennt.

Gemeinschaftlich haben die drei Modificationen die Unschmelzbarkeit, Unlöslichkeit und die Brennbarkeit. Am leichtesten verbrennt der amorphe Kohlenstoff, schwerer der Diamant, und der

geben die meisten in offnen Gefässen reichlich Kohlensäure ab. Die eisenhaltigen Quellwässer enthalten alle Kohlensäure, welche eben das Eisen in Lösung erhält. Entweicht daraus das Gas, so schlägt sich das Eisen nieder; daher bemerkt man namentlich bei stark eisenhaltigen Wässern das Entstehen eines gelben Bodensatzes, welcher aus einer Eisenverbindung besteht.

In Verbindung mit Kalk und Magnesia und anderen Basen findet sich die Kohlensäure in ungemein grosser Menge auf der Erde.

Die Frage, woher die Kohlensäure in der Atmosphäre stammt, und wie sich der Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure stets gleich bleiben kann, lässt sich leicht beantworten. Wir müssen zu dem Zweck die Functionen der Kohlensäure in der Natur etwas genauer ins Auge fassen.

Dass durch Verbrennung von Kohlenstoff Kohlensäure entsteht, ist schon gesagt worden, und es ist deshalb verständlich, dass organische Stoffe bei ihrer Verbrennung oder Oxydation Kohlensäure liefern. Der Athmungsprocess der Thiere erzeugt im Organismus derselben eine Verbrennung der als Nahrung von denselben aufgenommenen organischen Stoffe. Die Expirationsluft enthält die Kohlensäure (circa 4—5 %), welche dabei entstanden. Im Gegensatz hierzu ist der Pflanzenorganismus ein Apparat, in welchem die Zerlegung der Kohlensäure in Sauerstoff und andere sauerstoffärmere organische Verbindungen vor sich geht. Die Kohlensäure, welche von den Pflanzen zerlegt wird, nehmen dieselben aus der atmosphärischen Luft auf, und dafür geben sie Sauerstoff an dieselbe ab. Der in der Pflanze verbleibende Kohlenstoff wird zum Aufbau des rein organischen Theils der Pflanze verwendet. So sehen wir die in der Natur sich gewissermaassen gegenüberstehenden beiden Klassen von Organismen in ihrer Existenz sich gegenseitig die Bedingungen zum Leben liefern, da der thierische Organismus ohne Sauerstoff in der Atmosphäre, und der vegetabilische ohne Kohlensäure nicht möglich wäre. Dass durch dieses Wechselspiel ein Gleichgewichtszustand erhalten wird, liegt in der Natur der Sache. Gesetzt der Fall, durch eine Anhäufung von Kohlensäure in der Luft würde das Wachsthum der Pflanzen gesteigert, so wäre damit gleichzeitig ein stärkerer Verbrauch von Kohlensäure verbunden, der bald wieder den Gehalt der Luft an Kohlensäure auf das normale Maass reducirt hätte. Wie die Thiere in einer Atmosphäre nicht leben können, welche viel weniger als 20 Volumprocente Sauerstoff enthält, so ist die Existenz der Pflanzen unmöglich in einer Luft, welche beträchtlich weniger Kohlensäure enthält als die atmosphärische Luft. Die todte Natur ist übrigens bei dieser Frage nicht unbethei-

ligt, sondern auch sie vermehrt meistens den Kohlensäuregehalt der Luft und vermindert ihren Sauerstoffgehalt.

Darstellung. Man stellt die Kohlensäure in der Regel aus Marmor (krystallisirtem kohlensaurem Kalk) dar, indem man denselben mit einer Säure übergiesst. Die Kohlensäure wird hierdurch in Freiheit gesetzt.

$$CaO\,CO_2 + SO_3HO = CaO\,SO_3 + CO_2 + HO.$$

Durch diese Gleichung wird die Abscheidung der Kohlensäure veranschaulicht.

Die Kohlensäure ist eine Substanz, welche sich mit vielen Basen zu Salzen verbindet, in welchen Salzen eine Säure enthalten ist, die nicht unverändert daraus abgeschieden werden kann. Diese eigentliche Säure würde eine Zusammensetzung haben, wie sie die Formel CO_2HO bezeichnet. Dieselbe zerfällt übrigens im Momente ihrer Entstehung in CO_2 und HO, wie es die obige Gleichung zeigt.

Die Salze der Kohlensäure sind sehr einfach zusammengesetzt nach der Formel: CO_2 MO wo M ein beliebiges Metall bedeutet. Die Kohlensäure bildet saure Salze, welche die allgemeine Formel: CO_2 MO + CO_2 HO haben. Die sauren kohlensauren Salze verlieren schon beim mässigen Erwärmen das zweite Aequivalent Kohlensäure. Von den neutralen kohlensauren Salzen sind nur die Salze der Alkalien, also Kali, Natron etc., in Wasser löslich.

Schwefelkohlenstoff. Kohlenoxysulfid.

Formel CS_2. COS.

Der Schwefelkohlenstoff ist eine Flüssigkeit, welche die Fähigkeit, den Lichtstrahl in seiner Richtung zu verändern, in hohem Grade besitzt. Der Schwefelkohlenstoff siedet bei 48° C. Man erhält ihn beim Ueberleiten von Schwefeldampf über glühende Kohlen.

In Bezug auf Zusammensetzung und auch in gewissem Sinne in Bezug auf Eigenschaften, steht zwischen Kohlensäure und Schwefelkohlenstoff eine Substanz, das sogen. Kohlenoxysulfid. Die Zusammenstellung der Formeln dieser drei Körper wird deren Zusammenhang erkennen lassen:

CO_2 Kohlensäure.
COS Kohlenoxysulfid.
CS_2 Kohlensulfid oder Schwefelkohlenstoff.

Das Kohlenoxysulfid ist ein Gas, welches bei mehreren chemischen Reactionen entsteht. Man stellt es dar durch Zersetzung von Schwefelcyankalium durch mässig verdünnte Schwefelsäure.

Das Kohlenoxysulfid zersetzt sich leicht. Durch Kalilauge wird es zerlegt in CO_2 und HS, indem es Wasser aufnimmt:

$$COS + HO = CO_2 + HS.$$

Beide neu entstandenen Substanzen verbinden sich gleichzeitig mit Kali; wir haben dann die vollständigere Gleichung:

$$COS + 2KOHO = KOCO_2 + KS + 2HO.$$

Es ist noch zu bemerken, dass Schwefelkohlenstoff sich mit den Schwefelmetallen zu salzartigen Verbindungen vereinigt, z. B. $KS + CS_2$. Man nennt daher den Schwefelkohlenstoff auch Sulfokohlensäure.

Allgemeine Bemerkungen.

Nachdem wir nun die einzelnen Metalloide und ihre Verbindungen, soweit dieselben wichtig sind, betrachtet haben, wird es am Platze sein, einen Rückblick zu thun, und die vergleichende Zusammenstellung, soweit dieselbe überhaupt möglich oder passend erscheint, vorzunehmen. Der chemische Charakter der Verbindungen ist es, der unser Hauptinteresse in Anspruch nimmt, da die Elemente selbst in chemischer Beziehung hauptsächlich durch ihre Verbindungen charakterisirt sind.

Wir sehen da zunächst, dass mit Ausnahme des Fluors, welches nicht genau untersucht ist, und des Wasserstoffs, sämmtliche Metalloide mit Sauerstoff und Wasser Säuren bilden, einzelne zugleich mit Sauerstoff in anderen Verhältnissen sich zu indifferenten Verbindungen vereinigen; kein Metalloid bildet mit Sauerstoff eine Verbindung mit basischem Charakter.

Alsdann bemerken wir eine Gruppe von Metalloiden, die Halogene, welche mit Wasserstoff entschiedene Säuren bilden. An diese Metalloide schliesst sich der Schwefel an, der im Schwefelwasserstoff ebenfalls eine Verbindung von saurem Charakter liefert.

Die Basicität der aus den Metalloiden entstehenden Sauerstoffsäuren ist verschieden, indem wir in der Salpetersäure, schwefligen und Schwefelsäure, Chlorsäure, unterchlorigen Säure, Metaphosphorsäure und Kohlensäure, einbasische Säuren, in der Pyrophosphorsäure eine zweibasische und in der gewöhnlichen

Phosphorsäure und der phosphorigen Säure dreibasische Säuren vor uns haben. Die Wasserstoffsäuren sind sämmtlich einbasisch. Die Eigenschaft, neben den neutralen auch noch saure Salze bilden zu können, kommt nicht allen einbasischen Säuren zu.

Betrachten wir zunächst nur die wichtigsten, so ist zu bemerken, dass folgende Säuren keine sauren Salze liefern:

NO_5 HO	Salpetersäure	HCl	Chlorwasserstoffsäure
ClO HO	unterchlorige Säure	HBr	Bromwasserstoffsäure
ClO_5HO	Chlorsäure	HJ	Jodwasserstoffsäure

während folgende Säuren auch saure Salze bilden können:

SO_2 HO	schweflige Säure	CO_2 HO	Kohlensäure
SO_3 HO	Schwefelsäure	HS	Schwefelwasserstoff (säure).

Die Salze dieser Säuren kann man sich entstanden denken durch Vertretung von H der Säure durch ein Metall; so erhalten die neutralen Salze dieser Säuren folgende Formeln:

NO_5 MO	SO_2 MO
ClO MO	SO_3 MO
ClO_5 MO	CO_2 MO
M Cl	M S.
M Br	
M J.	

während die sauren Salze der vier letzten Säuren dadurch zu Stande kämen, dass sich noch ein Aequivalent der Säure zum neutralen Salz hinzuaddirte, z. B.:

SO_2 MO + SO_2 HO	CO_2 MO + CO_2 HO
SO_3 MO + SO_3 HO	MS + HS

Diese Eigenthümlichkeit in der Zusammensetzung kann zu der Ansicht führen, dass es besser sei, die Formel derjenigen einbasischen Säuren, welche saure Salze bilden können, zu verdoppeln, dieselben dann als zweibasische Säuren zu betrachten, und darnach ihre Formeln, die ihrer neutralen und ihrer sauren Salze, folgendermaassen zu schreiben:

Säuren	neutrale Salze	saure Salze.
S_2O_4 2HO	S_2O_4 2MO	S_2O_4 MO HO
S_2O_6 2HO	S_2O_6 2MO	S_2O_6 MO HO
C_2O_4 2HO	C_2O_4 2MO	C_2O_4 MO HO
H_2 S_2	M_2 S_2	M. H. S_2

wo dann die Uebereinstimmung mit den wirklichen zweibasischen Säuren hervorträte, z. B. mit Pyrophosporsäure

PO_5 2HO. PO_5 2MO. PO_5. MO. HO

oder wenn die Formel nach den in der Einleitung Seite 32 ge-

gebenen Erörterungen mit Annahme von Radicalen geschrieben werden:

$$\overset{II}{S_2}O_2\ O_4\ H_2 \qquad \overset{II}{S_2}O_2\ O_4\ M_2 \qquad \overset{II}{S_2}O_2\ O_4\ MH$$

$$\overset{II}{S_2}O_4\ O_4\ H_2 \qquad \overset{II}{S_2}O_4\ O_4\ M_2 \qquad \overset{II}{S_2}O_4\ O_4\ MH$$

$$\overset{II}{C_2}O_2\ O_4\ H_2 \qquad \overset{II}{C_2}O_2\ O_4\ M_2 \qquad \overset{II}{C_2}O_2\ O_4\ MH$$

$$\overset{II}{S_2}\ H_2 \qquad \overset{II}{S_2}\ M_2 \qquad \overset{II}{S_2}\ MH$$

$$\overset{II}{P}O_2\ O_4\ H_2 \qquad \overset{II}{P}O_3\ O_4\ M_2\ . \qquad \overset{II}{P}O_2\ O_4\ MH.$$

Die durch die Verdoppelung der Formeln der genannten Säuren bewirkte Veränderung würde nur insofern eine Bedeutung haben, als die durch diese Formeln bezeichneten Mengen doppelt so vielwerthig sind. Während z. B. NO_4 und SO_2, die Radicale von Salpetersäure und Schwefelsäure, einwerthig sind, wird S_2O_4 das Radical der zweibasischen Schwefelsäure, zweiwerthig sein. Wir hätten alsdann die Thatsache, dass nur zwei- oder mehrbasische Säuren saure Salze bilden können. In diesen Formeln ist M das allgemeine Zeichen für die Metalle.

Oxydation und Reduction.

Es ist schon pag. 55 auf die entgegengesetzte Wirkung des Sauerstoffs und Wasserstoffs aufmerksam gemacht und gesagt worden, dass Sauerstoff die Verbrennung unterhalte, und Wasserstoff selbst brennbar sei. Die Entgegengesetztheit der Wirkungen beider Elemente äussert sich denn namentlich auch darin, dass Sauerstoff in vielen Fällen die Wirkung des Wasserstoffs aufheben kann, und umgekehrt. Dass man die Vereinigung der Körper mit Sauerstoff Oxydation nennt, ist schon gesagt worden, ebenso, dass die Entziehung von Sauerstoff aus sauerstoffhaltigen Verbindungen Reduction genannt wird, mag nun diese Entziehung eine völlige oder theilweise sein. Unter Oxydation im weiteren Sinne versteht man aber auch eine Entziehung von Wasserstoff, und unter Reduction eine Zufuhr von Wasserstoff; während also Zufuhr von Sauerstoff, Oxydation ist, ist Zufuhr von Wasserstoff Reduction, und wenn umgekehrt Entziehung von Sauerstoff Reduction ist, ist Entziehung von Wasserstoff Oxydation. Es können demnach alle diejenigen Körper oxydirend wirken, welche zu Wasserstoff eine so grosse Verwandtschaft haben, dass sie denselben seinen Verbindungen entziehen können; z. B. das Chlor und das Brom, welche das Wasser oxydiren können, indem sie ihm den Wasserstoff entziehen, ebenso den Schwefelwasserstoff, mit dessen Wasserstoff sie sich

verbinden. Die beiden folgenden Gleichungen drücken die genannten Zersetzungen aus:

$$HO + Cl = HCl + O$$
$$HS + Br = HBr + S.$$

Die erste Zersetzung geht übrigens, selbst bei dem heftiger wirkenden Chlor, nur sehr langsam vor sich, wird aber begünstigt durch die Gegenwart solcher Körper, welche sich mit dem freigewordenen Sauerstoff zu verbinden bestrebt sind, z. B. SO_2, welche Verbindung dann Schwefelsäure liefert. Umgekehrt können auch sauerstofffreie Körper eine Reduction erfahren. Die Salpetersäure wird durch Wasserstoff im Entstehungsmoment zu Ammoniak reducirt. Stellen wir uns nun vor, dass derselben zunächst sämmtlicher Sauerstoff entzogen werde, und dass der hierdurch erhaltene Körper sich mit Wasserstoff verbinde, oder denken wir uns den Prozess anders verlaufend, so haben wir doch in jedem Falle eine Reduction durch Aufnahme von Wasserstoff. Es muss übrigens hier bemerkt werden, dass man nicht jede Vereinigung eines Körpers mit Wasserstoff eine Reduction nennt, sondern dass man diese Bezeichnung doch lediglich für Sauerstoffentziehung, sie mag nun durch Wasserstoff oder andere Körper bewirkt werden, gebraucht. Oxydations- und Reductionsversuche sind in der Praxis von grosser Wichtigkeit, namentlich werden mit Hülfe der letzteren eine Reihe von Elementen aus ihren Verbindungen mit Sauerstoff abgeschieden. Die wichtigsten Reductionsmittel sind Wasserstoff und Kohlenstoff. Ersterer findet namentlich bei Versuchen in chemischen Laboratorien Anwendung, letzterer dagegen auch in der Technik. Die Bedingungen, unter denen eine Reduction durch Wasserstoff bewirkt werden kann, sind sehr verschieden. Metalloxyde, wie Eisenoxyd und Kupferoxyd, werden durch Wasserstoff zu Metallen reducirt, wenn man denselben über die schwach rothglühenden Oxyde leitet. Dagegen wirkt der Wasserstoff auch bei gewöhnlicher Temperatur reducirend, wenn er im Entstehungsmoment mit dem zu reducirenden Körper zusammen kommt. Der oben angegebene Versuch mit Salpetersäure wird unter diesen Bedingungen vorgenommen. Bringt man ein Stückchen Zink in verdünnte Salpetersäure, so wird Wasserstoff entstehen, der aber im Moment seines Freiwerdens mit Salpetersäure zusammen kommt und dieselbe reducirt.

Die Anwendung der Kohle als Reductionsmittel ist pag. 93 beschrieben. Als Reductionsmittel werden übrigens noch eine Reihe von Verbindungen verwendet, z. B. schweflige Säure, Schwefelwasserstoff und Kohlenoxyd, welches letztere zwar nur bei der Verwendung der Kohle zur Reduction auftritt, und dann weiter reducirend wirkt. Im Allgemeinen lassen sich alle solche Ver

bindungen als Reductionsmittel anwenden, welche leicht oxydirbar sind.

Als Oxydationsmittel sind vorwiegend Verbindungen im Gebrauch; zwar werden bei manchen technischen Operationen auch Oxydationen durch den Sauerstoff der Luft ausgeführt. Ueber die Verwendbarkeit der Körper zum Oxydiren können wir gleichfalls sagen, sie finde bei allen denjenigen Stoffen statt, die leicht reducirbar sind. Sauerstofffreie Körper geben oft leicht einen Theil ihres Sauerstoffs ab, und wirken darum oxydirend; z. B. Salpetersäure. Ausserdem haben wir im Chlor einen Körper kennen gelernt, welcher bei Gegenwart von Wasser eine Vereinigung vieler Körper mit Sauerstoff veranlasst, da er das Wasser zersetzt. Auch das Wasser wirkt unter gewissen Bedingungen oxydirend. Leitet man Wasserdampf über stark rothglühendes Eisen oder Kupfer, so bilden sich, neben freiem Wasserstoff, Verbindungen von Eisen und Kupfer mit Sauerstoff. Auf pag. 51 und 52 sind die Zersetzungsgleichungen hierfür angegeben.

Wir sehen hiernach, dass Wasser durch Eisen und Kupfer zersetzt werden kann, und dass umgekehrt Wasser sich bilden kann, indem Wasserstoff die Oxyde beider Metalle reducirt. Wir haben demnach die Gleichungen:

$$Cu + HO = CuO + H \; ; \; 3Fe + 4HO = Fe_3O_4 + 4H.^{*)}$$

und

$$CuO + H = Cu + HO; \; Fe_3O_4 + 4H = Fe_3 + 4HO.$$

Die beiden ersten Reactionen verlaufen bei sehr hoher Temperatur, beim Kupfer in der Weissglühhitze und beim Eisen in der starken Rothglühhitze, die beiden letzten dagegen bei niederer Temperatur, nämlich bei schwacher Rothglühhitze. In auffallendster Weise ist hier der Einfluss der äusseren Umstände oder der Versuchsbedingungen zu ersehen. Ueberhaupt ist die Anwendung eines Körpers zum Oxydiren oder Reduciren nicht allein abhängig von der Natur der zu oxydirenden oder reducirenden Substanz, sondern namentlich auch von den Versuchsbedingungen, welche man einhalten kann. Kommt Jod z. B. mit einer wässerigen Lösung von SO_2 zusammen, so bildet sich HJ und SO_3HO; kommt umgekehrt SO_3HO mit HJ zusammen, so bildet sich neben freiem Jod SO_2 und HO. In der ersten Richtung verläuft die Zersetzung bei Gegenwart von viel Wasser, in der zweiten Richtung bei Mangel desselben.

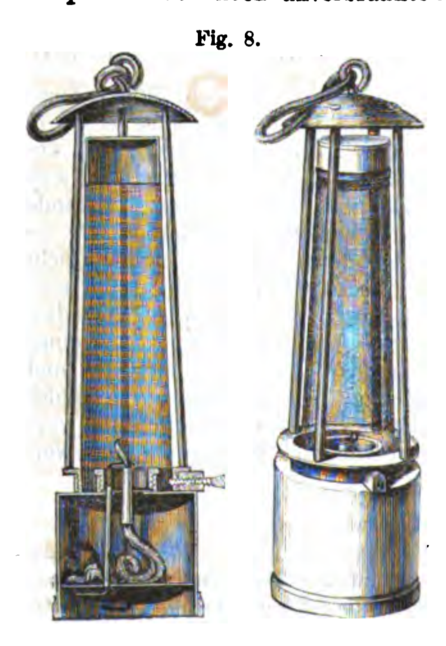
---

*) Auf pag. 52 ist die Gleichung für die Zersetzung des Wassers durch Eisen nur unvollständig, insofern nur die Bildung von Eisenoxydul dabei berücksichtigt ist, und nicht die gleichzeitige des Eisenoxyds, wodurch Fe_3O_4 entsteht.

Verbrennung.

Im engsten Anschluss an die vorherige Betrachtung kommen wir auf die Verbrennung zu reden. Wie schon pag. 48 gesagt, versteht man unter Verbrennung die Vereinigung der Körper mit Sauerstoff, und namentlich nennt man dieselbe dann Verbrennung, wenn sie unter Licht und Wärmeentwicklung erfolgt. Um in einem Körper die Verwandtschaft zum Sauerstoff gewissermassen zu erwecken, ist es nöthig, ihn auf eine bestimmte Temperatur zu bringen, welche für ein und denselben Körper unter denselben Umständen immer die gleiche ist. Man nennt diese Temperatur bei den sogen. brennbaren Körpern die Entzündungstemperatur. Die Entzündungstemperatur liegt bei manchen Stoffen, wie Phosphor und Schwefel, sehr niedrig, und diese Körper sind deshalb leicht entzündlich; sie brennen namentlich auch weiter, weil die durch die Verbrennung erzeugte Wärme ausreicht, um die noch nicht entzündeten Theile auf ihre Entzündungstemperatur zu bringen. Alle diejenigen Körper, welche eine hohe Entzündungstemperatur haben, wie viele Metalle, werden aufhören zu brennen, wenn von aussen keine Wärme zugeführt wird, weil eben durch die bei der Verbrennung entstandene Wärme die Entzündungstemperatur der noch unverbrannten Antheile nicht erreicht wird. Dass die erzeugte Wärme wirklich diese Function hat, lässt sich durch einen einfachen Versuch beweisen. Entzündet man Leuchtgas, welches, aus einer Brenneröffnung ausströmend, durch ein dichtes Eisendrahtnetz, das sich etwa einen Zoll über dem Brenner befindet, hindurchgeht, oberhalb dieses Netzes, so wird die Verbrennung des Gases nicht durch das Drahtnetz in die unter demselben befindliche Gassäule fortgepflanzt, weil das Drahtnetz als ein guter Wärmeleiter zu viel Wärme fortführt, als dass die untere Gassäule auf ihre Entzündungstemperatur gebracht werden könnte. Auf dieser Eigenschaft der brennbaren Körper beruht die Constructi

Fig. 8.



der sogen. Davy'schen Sicherheitslampe, einer einfachen, mit einem dichten Drahtnetz umgebenen Oellampe, Fig. 8. Die Arbeiter in Bergwerken bedienen sich derselben, da sie an Orte kommen, wo sich schlagende Wetter befinden. Betreten sie einen solchen Raum, so wird das in die Lampe einströmende Gas innerhalb des Drahtnetzes sich entzünden, aber die Verbrennung wird nicht nach aussen fortgepflanzt, und damit ein Explosion der schlagenden Wetter vermieden.

Eine ähnliche Wirkung, wie in dem obigen Versuche, das Drahtnetz, haben alle nicht brennbaren Körper, welche mit einem brennenden in Berührung sind, so namentlich auch der Stickstoff in der atmosphärischen Luft. Darum verbrennen die Körper in reinem Sauerstoff leichter. Von wesentlichem Einfluss sind ferner die Producte der Verbrennung. Sind dieselben gasförmig, so entweichen sie und führen nur einen Theil der erzeugten Wärme mit sich fort. Sind sie dagegen fest und nicht flüchtig, so können sie unter Umständen die noch unverbrannten Theile umhüllen und vor der Weiterverbrennung schützen. Der letztere Fall tritt z. B. ein beim Verbrennen des metallischen Eisens und anderer Metalle, wo die gebildete Oxydschicht die Berührung des Metalls mit Sauerstoff verhindert.

Die in der Praxis wichtigsten Verbrennungen sind die des Holzes, der Steinkohlen und der Leuchtmaterialien und wir wollen daher hier etwas näher auf dieselben eingehen.

Die Verbrennungen im gewöhnlichen Leben gehen meistens unter Flammenerscheinung vor sich und es fragt sich zunächst, was ist eine Flamme und wie kommt sie zu Stande? Die Antwort hierauf ist: „Die Flamme ist eine brennende Gas- oder Dampfmasse". Liefert ein brennbarer Körper beim Erhitzen auf seine Entzündungstemperatur kein Gas oder Dampf, so verbrennt er nicht mit Flamme, sondern er erglüht oder verglimmt, wie z. B. Holzkohle bei reichlichem Sauerstoffzutritt. Ist ein Körper flüchtig, d. h. verwandelt er sich beim Erhitzen in Dampf, so ist die Entstehung einer Flamme bei seiner Verbrennung leicht erklärlich. So verbrennen die sog. „Mineralöle". Holz, Steinkohlen, Talg und Stearin sind nun zwar nicht als solche flüchtig, liefern aber beim Erhitzen flüchtige Zersetzungsproducte, welche ihrer Natur nach dem Leuchtgas gleichen, das ja durch trockne Destillation aus Holz und Steinkohlen erhalten wird. Erhitzt man ein Stückchen Holz an einem Ende, so wird zunächst an diesem Ende die Zersetzung beginnen, die erzeugten Dämpfe werden sich entzünden, und durch die bei ihrer Verbrennung erzeugte Wärme sowohl die Weiterzersetzung des unverbrannten Theiles als auch die Erhitzung der hierdurch erhaltenen Dämpfe auf ihre Entzündungstemperatur bewirken. Darum brennt einmal entzündetes Holz weiter, wenn die Masse des Holzes,

im Vergleich zum anfänglich entzündeten Theile, nicht zu gross ist. Genau ebenso haben wir uns die Verbrennung des Talgs und Stearins in den Kerzen zu erklären.

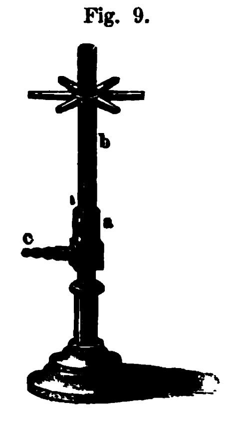
Eine weitere Frage ist: Woher kommt das Leuchten der Flamme? Um diese Frage zu beantworten, müssen wir auf den Chemismus der Verbrennung etwas näher eingehen. Wir haben es im gewöhnlichen Leben meist mit der Verbrennung zusammengesetzter Körper zu thun. In der Regel sind es hauptsächlich Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff (siehe org. Chemie), welche zur Verbrennung gelangen. Wirkt Sauerstoff auf eine solche Verbindung ein, so entzieht er ihr zunächst den Wasserstoff und dann erst wird der Kohlenstoff verbrannt. Hierzu gehört natürlich eine ganz bestimmte Quantität Sauerstoff, und ist diese nicht ganz vorhanden, so ist die Verbrennung im Innern der Flamme eine unvollständige, der nicht verbrannte Kohlenstoff scheidet sich aus und wird erst im äussersten Saum der Flamme ganz oder auch nur zum Theil verbrannt. Während des Brennens wird derselbe, der in äusserst feinen Stäubchen in der Flamme herumschwimmt, zum Glühen erhitzt und veranlasst das Leuchten der Flamme. Hält man einen kalten Gegenstand in eine leuchtende Flamme dieser Art, so bemerkt man das Ansetzen von Russ an demselben. Eine solche leuchtende Flamme ist zugleich eine russende Flamme, wenn die Menge des Kohlenstoffs so gross ist, dass er nicht völlig am äusseren Rande der Flamme verbrannt wird. Sehr kohlenstoffreiche Verbindungen, wie z. B. Terpentinö geben stark russende Flammen. Eine allzu reichliche Ausscheidung von Kohlenstoff vermindert dagegen die Leuchtkraft einer Flamme, weil, je mehr Kohlentheilchen durch die gleiche Flamme erhitzt werden müssen, selbstverständlich die Temperatur jedes einzelnen um so niedriger ist, und ein glühendes Kohlentheilchen ein um so helleres Licht ausstrahlt, je höher es erhitzt wird. Darum muss der Luftzutritt so geregelt werden, dass gerade die für die Zusammensetzung des verbrennenden Körpers nöthige Luftmenge zugeführt wird. Die Praxis ist der Theorie hierin vorausgegangen und man hat danach die Construction der Lampen gewählt, ehe man über das Wesen und den Chemismus der Verbrennung im Klaren war. Die Kohlenstoffausscheidung ist übrigens nicht die einzige Folge der unvollständigen Verbrennung und Ursache des Leuchtens der Flamme, sondern es entstehen auch unter den genannten Verhältnissen, durch anderweitige Zersetzung der verbrennenden Gase oder Dämpfe, veranlasst durch die unvollständige Verbrennung, schwere Dämpfe, die ebenfalls in's Glühen gerathen und ein Leuchten der Flamme veranlassen. Die Bildung dieser schweren Dämpfe kann hier nicht auseinandergesetzt werden; sie sollen in der organischen Chemie beschrieben werden. Ihre Bildung und

Erglühen ist constatirt. Wir müssen aber das Erglühen schwerer Dämpfe zu Hülfe nehmen, zur Erklärung des Leuchtens solcher Flammen, in denen ein fester Körper sich nicht befinden kann. Bei der Verbrennung von Phosphor oder Schwefel wird ein helles Licht erzeugt, obgleich kein fester Körper in der Flamme sich befinden kann, denn Phosphor und Phosphorsäure, Schwefel und schweflige Säure sind bei den betreffenden Temperaturen flüchtig. Die Verbrennung des Arsens liefert ein helles Licht, obgleich das Arsen und die entstehende arsenige Säure sich in Dampfform befinden.

Wir haben also zwei Ursachen des Leuchtens der Flammen: 1) Ausscheidung fester, erglühender Theile (hauptsächlich beim Leuchtgas, Holz, Talg und Stearin); 2) Bildung schwerer glühender Dämpfe (beim Phosphor, Schwefel, Arsen und zum Theil beim Leuchtgas, Holz, Talg und Stearin).

Durch höchst einfache Versuche lassen sich diese Sätze beweisen. Führt man einer leuchtenden Flamme einen Ueberschuss von Sauerstoff zu, so hört sie auf zu leuchten, weil die Verbrennung dann eine vollständige ist; oder bringt man in eine nicht leuchtende Flamme irgend eine Substanz, die entweder nicht brennbar ist, oder bei ihrer Verbrennung nicht flüchtige Producte liefert, so wird dieselbe leuchtend. Dass Dämpfe wirklich leuchtend gemacht werden können, wenn sie nur hoch genug erhitzt werden, geht aus der Eigenschaft des Phosphors und Schwefels hervor, mit leuchtender Flamme zu verbrennen, aber auch daraus, dass die nicht leuchtende Flamme des Wasserstoffgases leuchtend gemacht werden kann, wenn man nur durch Druck eine Verdichtung des Wasserstoffs bewirkt, oder wenn man die Temperatur, welche durch die Verbrennung erzeugt wird, dadurch steigert, dass man die Verbrennung in einem geschlossenen Raume vornimmt, wodurch die Ausdehnung des entstandenen Wasserdampfes verhindert wird, was zur Folge hat, dass sich die Temperatur erhöht. Ob ein Dampf zum Leuchten kommen kann, scheint sowohl von seiner Dichte als auch von der Temperatur abhängig zu sein, so zwar, dass ein leichterer Dampf (oder Gas) höher erhitzt werden muss, als ein schwererer. Eine practische Anwendung der oben angegebenen Eigenschaft der Flamme, durch Sauerstoffzutritt im Ueberschuss ihre Leuchtkraft einzubüssen, hat man in den sog. „**Bunsen'schen Gaslampen** gemacht"; die Figur 9 stellt eine solche im dritten Theil ihrer eigentlichen Grösse dar. Durch die Röhre c

Fig. 9.



wird Leuchtgas eingeführt, welches bei a in die Röhre b tritt. Dort vermischt es sich mit Luft, welche durch die daselbst angebrachte Oeffnung einströmt und ein Gemisch von Leuchtgas und Luft wird oben entzündet. Die Grösse des Luftloches bei a muss natürlich im richtigen Verhältnisse stehen zu der Ausflussöffnung des Leuchtgases, damit beide Körper im richtigen Verhältniss gemischt werden. Bei a ist gleichzeitig eine verschiebbare Hülse angebracht, so dass man die Luftlöcher schliessen kann, wo dann die Flamme leuchtend wird.

Zweiter Theil.

M e t a l l e.

Allgemeines.

A. Physikalische Eigenschaften der Metalle.

Die äusseren Eigenschaften der Körper nennt man ihre physikalischen Eigenschaften. Da eine grössere Gleichartigkeit der äusseren Eigenschaften der nun zu beschreibenden Elemente existirt, so wollen wir als Einleitung eine kurze Beschreibung dieser Eigenschaften vorausschicken, zumal die Betrachtung derselben zu einer Unterscheidung der Metalle von den Metalloiden führen kann. Wir haben in der Einleitung zu dieser ganzen Abtheilung bereits die wichtigsten physikalischen Eigenschaften angedeutet (pag. 25) und wollen hier nun etwas näher auf dieselben eingehen.

1. Glanz. Die Metalle besitzen ohne Ausnahme einen mehr oder weniger starken Glanz, wenn sie sich in einem compacten Zustand befinden. Dieser Glanz ist für die verschiedenen Metalle sehr verschieden, da je nach der Farbe des Metalls ein weisses, gelbes oder rothes Licht von den Metallflächen reflectirt werden kann, denn auf einer Reflection des Lichtes beruht der Glanz der Körper. Am stärksten glänzen die Metalle nach dem Poliren, während sie nach längerem Liegen an der Luft fast sämmtlich ihren hellen Glanz einbüssen.

Im Zustand feiner Zertheilung bilden selbst solche Metalle, welche gewöhnlich einen starken Glanz besitzen, dunkle, nicht glänzende Pulver. In diesem fein zertheilten Zustande erhält man viele Metalle durch Abscheidung aus gewissen Verbindungen. Diese Pulver nehmen unter dem Polirstahl Metallglanz an. Leicht

oxydirbare Metalle zeigen den Glanz nur auf der frischen Schnitt- oder Bruchfläche.

2. Aggregatzustand. Die Metalle sind mit Ausnahme des Quecksilbers fest, lassen sich aber ohne Ausnahme durch Erhitzen verflüssigen, und viele gehen bei stärkerem Erhitzen in Dampfform über, wie Kalium, Natrium, Zink, Kadmium und Silber; die Verflüssigungstemperatur, sowohl als die Siedetemperatur, sind bei den einzelnen Metallen sehr verschieden. Quecksilber erstarrt bei sehr grosser Kälte, und das feste Quecksilber schmilzt bei 40° C., das Kalium bei 58° C., Natrium bei 96° C., Zinn bei 230° C., Wismuth bei 262° C., Blei bei 326° C., Zink bei 360° C., Antimon bei 432° C., Silber bei 1000° C., Gold bei 1250° C., Stabeisen bei 1500°—1600° C. Ebenso ist die Temperatur, bei welcher sich die flüchtigen Metalle in Dampf verwandeln, sehr wechselnd. Während das Kalium in der Rothglühhitze, Zink bei 1000° C. siedet, kann Silber erst durch das Knallgasgebläse in Dampf verwandelt werden.

3. Härte, Festigkeit, Dehnbarkeit. Die Metalle sind von sehr verschiedener Härte; während z. B. Kalium und Natrium sich schon bei gewöhnlicher Temperatur mit dem Messer schneiden lassen, werden Zink und Zinn nur schwerer geritzt; während Silber und Gold sich mit dem Meissel bearbeiten lassen, lässt sich der Stahl, d. i. Eisen von bestimmter Beschaffenheit, kaum ritzen.

Ebenso ist die Festigkeit der Metalle sehr verschieden. Man bemisst die Zugfestigkeit in der Art, dass man bestimmt, ein wie grosses Gewicht ein Draht des betreffenden Metalls von bestimmtem Querschnitt zu tragen vermag, ohne zu reissen. Die Festigkeit der folgenden Metalle steht im Verhältniss der beigesetzten Zahlen:

Blei	1,2—2,3	Gold	10—27	Kupfer	30—40
Zinn	2,4—3,5	Silber	16—29	Eisen	46—61
Zink	12—15	Platin	23—34.		

Diese Zahlen sagen also, dass z. B. ein Eisendraht 46 Pfund tragen kann, während ein Bleidraht von gleichem Querschnitt nur 1,2 Pfund trägt u. s. w. Neben dieser Zugfestigkeit spricht man noch von Druckfestigkeit und Bruchfestigkeit.

Im engsten Zusammenhang mit Härte und Festigkeit stehen Sprödigkeit und Dehnbarkeit der Metalle. Es ist bekannt, dass sich manche Metalle zu Blech, andere besser zu Draht auswalzen und ziehen lassen, wieder andere zerreissen beim Zug vermöge ihrer zu geringen Festigkeit oder zersplittern beim Druck vermöge ihrer Sprödigkeit.

Diese Eigenschaften sind sehr verschieden bei verschiedener Temperatur.

4. Wärme- und Electricitätsleitung. Magnetismus.

Die Metalle sind ohne Ausnahme Leiter der Wärme und Electricität. Aber auch diese Eigenschaften besitzen die einzelnen Metalle in sehr verschiedenem Grade und je nach der Temperatur sind dieselben Schwankungen unterworfen. Die Leitungsfähigkeiten der folgenden Metalle für Wärme und Electricität stehen im Verhältniss der beigesetzten Zahlen:

	Leitungsfähigkeit für Wärme.	Leitungsfähigkeit für Electricität.
Silber	100	100
Kupfer	73,6	91,5
Gold	53,2	34,9
Zinn	14,5	14,0
Eisen	11,9	12,35
Blei	8,5	8,27
Platin	8,4	7,93.

Die Fähigkeit magnetisch zu werden, kommt nur einzelnen Metallen zu.

5. Specifisches Gewicht. Die Metalle haben sehr verschiedene Dichten oder spec. Gewichte, und man theilt sie hiernach in zwei Hauptklassen ein, indem man in die erste Klasse alle diejenigen zählt, deren spec. Gewicht kleiner als 5 ist und die man leichte Metalle nennt, und in die zweite Klasse alle schwereren Metalle zählt, welche man entsprechend schwere Metalle nennt.

Folgendes ist die Zusammenstellung der wichtigsten Metalle mit ihren spec. Gewichten (Wasser = 1):

Leichte Metalle.

Kalium	0,86	Strontium	2,54
Natrium	0,97	Calcium	1,57
Baryum *)		Magnesium	1,74
Aluminium	2,56.		

Schwere Metalle.

Mangan	7,14	Wismuth	9,9
Eisen	7,84	Uran	18,4
Chrom	6,8	Wolfram	17
Cobalt	8,5	Molybdän	8,64
Nickel	8,8	Quecksilber	13,59
Zink	6,8	Silber	10,47
Kadmium	8,7	Gold	19,5
Kupfer	8,9	Platin	21,5
Zinn	7,29	Palladium	11,4
Blei	11,4.		

*) Das spec. Gewicht des Baryums ist noch nicht bestimmt.

6. **Löslichkeitsverhältnisse der Metalle.** Die Metalle sind als solche nicht in Flüssigkeiten löslich, im Sinne der gewöhnlichen Auflösung, da sie zwar von manchen Stoffen, namentlich Säuren, gelöst werden, aber nur indem sie sich mit Bestandtheilen dieser Säuren verbinden. Als eine Art von Auflösung ist die Vermischung schwer flüssiger Metalle mit leichter flüssigen zu betrachten, da hierbei homogene Massen entstehen, die ganz den Charakter von Lösungen zeigen, indem die chemischen Eigenschaften der einzelnen Bestandtheile unverändert darin fortbestehen. Solche Mischungen nennt man Legirungen. Dieselben haben namentlich für die Technik grosse Wichtigkeit. Wir werden nach der Beschreibung der Metalle selbst, den Legirungen eine nochmalige Aufmerksamkeit schenken. Eine sehr wichtige Klasse von Legirungen, so viel mag hier noch bemerkt sein, sind die sog. Amalgame, Legirungen der Metalle mit Quecksilber.

Einige Metalle können im geschmolzenen Zustande als Lösungsmittel fungiren. Es ist schon beim Kohlenstoff gesagt worden, dass geschmolzenes Eisen denselben aufzulösen vermag, so dass er beim Erstarren des Letzteren als Graphit auskrystallisirt. Es sind noch mehrere hierher gehörige Beispiele bekannt.

7. Krystallisation. Die Metalle haben die Eigenschaft zu krystallisiren, wenn sie aus dem geschmolzenen Zustande in den festen übergehen. Erstarren sie langsam, so bilden sich bei manchen grosse Krystalle, wie namentlich beim Wismuth, welches in schönen Würfeln krystallisirt. Krystallinische Structur kann man an den Metallen sehr leicht sehen, wenn man ein Stück durchbricht. An der Bruchstelle bemerkt man dann die krystallinische Beschaffenheit.

Bei manchen Metallen, z. B. beim Zinn, ist die krystallinische Structur noch anders nachzuweisen. Man beobachtet nämlich beim Biegen eines Zinnstabes ein knisterndes Geräusch, welches von der Reibung der Krystallflächen herrührt und welches man als Zinngeschrei bezeichnet hat.

Die gewöhnlichsten Krystallformen der Metalle gehören dem quadratischen oder dem rhombischen System an.

B. Chemische Eigenschaften der Metalle.

Da die chemischen Eigenschaften eines Elementes auf zweierlei Art charakterisirt werden können, nämlich erstens durch sein Verhalten zu anderen Elementen oder Verbindungen, zweitens durch den chemischen Charakter seiner Verbindungen, so wollen wir die Betrachtung der chemischen Eigenschaften der Me-

talle in zwei Abschnitten vornehmen. Im ersten soll das Verhalten der Metalle gegen andere Elemente und einige Verbindungen besprochen werden und im zweiten die Zusammensetzung ihrer Verbindungen.

I. Die freien Metalle.

1) Das Verhalten gegen Sauerstoff ist bei den Metallen sehr verschieden, insofern das Vereinigungsbestreben der Metalle zu Sauerstoff sehr ungleich gross ist.

a) Kalium und Natrium verbinden sich unter allen Umständen mit Sauerstoff, wenn dieser mit ihnen in freiem Zustande in Berührung kommt, und sind im Stande, einer grossen Anzahl Sauerstoffverbindungen ihren Sauerstoff theilweise oder ganz zu entziehen; ähnlich, wenn auch nicht ganz so energisch, ist das Vereinigungsbestreben von Baryum, Strontium und Calcium zu Sauerstoff.

b) Magnesium, Aluminium, Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel, Chrom, Zink, Kadmium und Uran verbinden sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht mit trocknem Sauerstoff, während sie beim Glühen leicht und unter Wärmeentwicklung selbst von trocknem Sauerstoff oxydirt werden. Diese Metalle zersetzen das Wasser erst bei höherer Temperatur, indem sie den Wasserstoff ausscheiden und sich mit dem Sauerstoff verbinden. Von grossem Einfluss ist bei diesen Metallen der Grad der Zertheilung. Compactes Eisen wirkt lange nicht so energisch als feinpulveriges; es ist sogar möglich, Eisen in so fein zertheiltem Zustande darzustellen, dass es sich von selbst entzündet, so wie es mit Luft in Berührung kommt. Man erhält dieses Eisen, welches pyrophorisches Eisen genannt wird, durch Reduction von Eisenoxyd durch Wasserstoff bei möglichst niederer Temperatur.

c) Wolfram, Molybdän, Zinn, Kupfer, Blei und Wismuth verbinden sich noch weniger leicht mit Sauerstoff, indem eine Vereinigung erst in der Rothglühhitze erfolgt. Sie zersetzen das Wasser erst beim starken Glühen.

d) Quecksilber, Silber, Gold, Platin und Palladium verbinden sich gar nicht mit Sauerstoff*) direct, und ihre Sauerstoffverbindungen, die auf Umwegen erhalten werden, zersetzen sich beim blossen Erhitzen unter Abgabe sämmtlichen Sauerstoffs, während die Sauerstoffverbindungen der früher genannten Metalle beim blossen Erhitzen niemals sämmtlichen Sauerstoff abgeben können.

2) Das Verhalten der Metalle gegen Schwefel und die Halogene zeigt nichts besonderes Bemerkenswerthes. Die

*) Silber kann zwar durch Ozon oxydirt werden.

meisten Metalle vereinigen sich direct mit den genannten Körpern und es ist auch hier wieder die verschiedene Stärke des Vereinigungsbestrebens, welche die Unterschiede wesentlich bedingt.

3) Mit Phosphor und Kohlenstoff können sich auch manche Metalle direct verbinden, wenn man sie mit den genannten Metalloiden erhitzt.

4) Das Verhalten der Metalle gegen Wasser ist schon hauptsächlich sub 1 beschrieben worden, und es erübrigt hier nur noch zu sagen, dass sich auf das Verhalten der Metalle gegen Wasser eine Eintheilung der Metalle gründet, indem die sub a, b, c, d, Seite 113 erwähnten je eine für sich abgeschlossene Klasse bilden. Wir kommen darauf noch zurück.

5) Gegen die drei wichtigsten Säuren: Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure verhalten sich die Metalle folgendermassen: Die sub a und b Seite 113 genannten Metalle zersetzen sowohl die Säuren, als auch ihre mehr oder weniger verdünnten Lösungen. Die Metalle, welche unter c und d aufgezählt sind, zersetzen die Säuren nur, wenn dieselben concentrirt sind; einige derselben, wie Gold und Platin, werden dagegen von diesen Säuren gar nicht angegriffen, andere, wie Kupfer, Blei, Wismuth und Silber selbst von verdünnter Salpetersäure gelöst. Bemerkenswerth ist ferner die Eigenschaft des Zinns, eine reine Salpetersäure nicht zu zersetzen, sofort aber heftig einzuwirken, sobald wenig Wasser zugegeben wird. Im Allgemeinen ist die Wirkung der Säuren auf die Metalle, wenn sie überhaupt stattfindet, eine lösende, indem die Metalle mit gewissen Bestandtheilen der Säuren lösliche Verbindungen bilden. In einigen Fällen ist das Product übrigens unlöslich, wie z. B. bei der besprochenen Zersetzung der Salpetersäure durch Zinn, wobei sich unlösliches Zinnoxyd, SnO_2, bildet. Formeln, welche die genannten Zersetzungen ausdrücken, sind schon mehrere erwähnt worden, so bei der Besprechung der Darstellung des Wasserstoffs aus Zink und verdünnter Schwefelsäure, der schwefeligen Säure, aus Kupfer und concentrirter Schwefelsäure und des Stickstoffoxyds aus Kupfer und Salpetersäure. Es ist zum Schluss noch anzuführen, dass Königswasser als Lösungsmittel für Gold und Platin verwendet wird.

II. Verbindungen der Metalle.

Wir haben schon in der Einleitung über die Classification der Verbindungen ausführlich gesprochen und es erübrigt nur noch, hier das speciell für die Metallverbindungen Wichtige anzuführen. Diese Verbindungen zerfallen in Basen, Säuren und indifferente Stoffe, und es ist nur zu bemerken, dass die Klasse der Basen

eine viel grössere Anzahl Glieder hat, als die der Säuren. Indifferente Verbindungen sind hauptsächlich die Salze.

1) Die Basen sind Verbindungen der Metalle mit Sauerstoff. Jedes Metall liefert eine Base, manche dagegen mehrere.

2) Die Metallsäuren sind ebenfalls Verbindungen der Metalle mit Sauerstoff, die jedoch stets mehr Sauerstoff enthalten, als die basischen Verbindungen desselben Metalls.

3) Zu den indifferenten Verbindungen der Metalle gehören:

a) Die Salze, über deren Natur und Zusammensetzung schon Seite 34, 70, 71 das Wichtigste gesagt wurde.

b) Die Suboxyde und Superoxyde oder Hyperoxyde, welche bereits Seite 38 erwähnt wurden. Die Suboxyde enthalten neben Metall Sauerstoff, und zwar stets weniger als das sauerstoffärmste basische Oxyd. Sie können meist leicht in die basischen Oxyde verwandelt werden, da sie leicht oxydirbar sind. Die Superoxyde enthalten neben Metall mehr Sauerstoff, als die sauerstoffreichsten basischen Oxyde, aber weniger als die Metallsäuren, z. B. Mangansuperoxyd hat die Formel MnO_2, die übrigen Mangansauerstoffverbindungen sind: MnO Manganoxydul, Mn_2O_3 Manganoxyd, MnO_3 Mangansäure, Mn_2O_7 Uebermangansäure. In Bezug auf seinen Sauerstoffgehalt steht MnO_2, zwischen Mn_2O_3 (einem basischen Oxyd) und MnO_3 (einer Säure). Die Hyperoxyde geben mit Salzsäure Chlorgas.

C. Vorkommen der Metalle.

Die Metalle finden sich theils gediegen, d. h. in freiem Zustande, wie Platin, Gold, Silber, Quecksilber, Kupfer und Eisen, theils in chemischer Verbindung. Die chemischen Verbindungen der Metalle, welche sich in der Natur finden, sollen in der Mineralogie ausführlicher beschrieben werden, und wir wollen hier nur bemerken, dass die sub a pag. 113 genannten Metalle sich in Form von Chlorverbindungen, kohlensauren oder schwefelsauren Salzen vorzüglich finden. Namentlich sind die beiden ersten Bestandtheile fast aller Wässer. Das Magnesium schliesst sich an diese Metalle an. Die anderen sub b pag. 113 aufgeführten Metalle finden sich in der Natur in sehr verschiedenen Formen; Mangan, Chrom und Uran vorzüglich in Form von Sauerstoffverbindungen; Eisen und Zink in Form von kohlensauren Salzen; ferner Eisen, Kobalt, Nickel und Cadmium in Form sehr wichtiger Schwefelverbindungen, ebenso wie Blei, Kupfer, Wismuth und Molybdän und einige der sub. d pag. 113 aufgezählten Metalle.

Ferner haben wir als äusserst wichtiges Vorkommen fast aller Metalle, das in Silicaten zu erwähnen. Dasjenige Metall, welches vorzüglich in Silicaten enthalten ist, ist das Aluminium.

D. Eintheilung der Metalle.

Eine Eintheilung der Metalle kann von ganz verschiedenen Gesichtspunkten aus geschehen. Berücksichtigt man lediglich ihre physikalischen Eigenschaften, so liegt die Eintheilung der Metalle in leichte und schwere Metalle am nächsten (siehe pag. 111).

Eine andere und weiter gehende Eintheilung, die sich auf das Verhalten der Metalle gegen Sauerstoff gründet, haben wir pag. 113 schon mitgetheilt. Wir wollen mit Berücksichtigung der praktischen Wichtigkeit einer genauen Eintheilung, die Metalle in folgende Gruppen zusammenstellen:

I.	Gruppe	der Alkalimetalle	umfasst	Kalium, Natrium;
II.	„	der alkal. Erdmetalle	„	Calcium, Baryum, Strontium, Magnesium;
III.	„	der Erdmetalle	„	Aluminium;
IV.	„	des Eisens	„	Eisen, Mangan, Chrom, Uran, Kobalt, Nickel, Zink, Cadmium;
V.	„	des Bleis	„	Blei, Kupfer;
VI.	„	des Zinns	„	Zinn, Wolfram, Molybdän;
VII.	„	der edlen Metalle	„	Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Palladium;
VIII.	„	des Arsens	„	Arsen, Antimon, Wismuth.

Diese Eintheilung gründet sich auf Analogie der einzelnen Glieder derselben Gruppe in ihren Verbindungsverhältnissen. Im Wesentlichen stimmt sie mit jener auf pag. 113 überein.

Specielle Beschreibung der einzelnen Metalle.

A. Leichte Metalle.

I. Gruppe der Alkalimetalle.

1. Kalium K = 39,1, Natrium Na = 23.
(Ammonium NH_4.)

An die Verbindungen der beiden Metalle Kalium und Natrium schliessen sich die Verbindungen des Ammoniaks mit Wasser und Säuren eng an. Wir nehmen in den Salzen dieses Körpers eine Substanz, das Ammonium, an, und kommen so zu analogen Formeln der Kali- und Ammoniaksalze. Das freie Ammonium ist noch nicht dargestellt worden, sondern existirt nur in Salzen. Kalium und Natrium stellt man entweder durch Reduction ihrer Oxyde mit Kohle dar, oder durch electrolytische Zersetzungen ihrer Sauerstoffverbindungen. Man verkohlt bei dem ersten Verfahren Weinstein, d. i. das Kalisalz einer kohlenstoffreichen organischen Säure, und erhält ein möglichst inniges Gemenge von kohlensaurem Kali und Kohle, welches man mit noch mehr Kohle vermischt. Das so bereitete Gemisch wird alsdann in schmiedeeisernen Flaschen zur Weissgluth erhitzt. Das Kalium destillirt über und wird in Vorlagen, welche Steinöl enthalten, aufgefangen. Zur Gewinnung von Natrium verwendet man am besten ein Gemisch von kohlensaurem Natron mit kohlensaurem Kalk und Kohle, welches man stark glüht. Beide Metalle müssen unter Steinöl aufbewahrt werden, weil sie sich an der Luft zu rasch oxydiren würden. Ihre Verwandtschaft zu Sauerstoff ist so gross, dass sie Wasser bei gewöhnlicher Temperatur mit Lebhaftigkeit zersetzen. Sie machen Wasserstoff daraus frei. Wirft man ein erbsengrosses Stückchen Kalium auf Wasser, so entzündet sich der freiwerdende Wasserstoff und verbrennt mit violetter Flamme, weil sich ihm Kaliumdampf beimengt, welcher mit verbrennt. Natrium giebt unter den gleichen Umständen keine Flamme, weil die Einwirkung desselben auf Wasser nicht so energisch ist. Durch die starke Bewegung eines auf Wasser schwimmenden Stückchens Natrium wird die Temperatur so niedrig erhalten, dass sich der freigewordene Wasserstoff nicht entzündet. Verhindert man jedoch die Bewegung, so verbrennt der Wasserstoff mit gelber Flamme, weil Natrium mit verdampft und

verbrennt. Schliesslich werden die Stücke der beiden Metalle beim Verbrennen auf Wasser zersprengt, und ihre Theile werden umhergespritzt. Es ist daher rathsam, das Gefäss zu bedecken, in welchem man den Versuch anstellt. Das spez. Gewicht des Kaliums ist gleich 0,865 und des Natriums gleich 0,97; das Kalium schmilzt bei 62,5 ° C., das Natrium bei 96 ° C.; in der Rothglühhitze lassen sich beide in Dampf verwandeln. Die beiden Metalle besitzen lebhaften Glanz, den sie an der Luft ungemein rasch verlieren, da sie sich mit Oxydschichten überziehen. Der Glanz lässt sich an der frischen Schnittfläche jederzeit beobachten. Bei niederer Temperatur sind beide hart und brüchig, werden aber schon bei gewöhnlicher Temperatur so weich, dass man sie mit dem Messer schneiden kann.

2. Sauerstoffverbindungen. Alkalien.

Mit Sauerstoff bilden Kalium und Natrium die Verbindungen KO_4 Kaliumhyperoxyd, NaO_2 Natriumhyperoxyd und KO Kali, NaO Natron, von denen man die ersteren durch Verbrennen der Metalle in trocknem Sauerstoff als feste schmelzbare Körper, die beiden letzteren aus den ersten beim Zusammenschmelzen mit der nöthigen Menge reinen Metalls, nach den Formeln $KO_4 + K_3 = 4KO$; $NaO_2 + Na = 2NaO$, als weisse Körper erhält. Auch aus KOHO und NaOHO lassen sich durch Zusammenschmelzen mit Kalium oder Natrium diese Verbindungen nach den Gleichungen $KOHO + K = 2KO + H$; $NaOHO + Na = 2NaO + H$, darstellen. Sämmtliche vier Verbindungen lösen sich in Wasser unter starker Wärmeentwicklung auf; KO_4 und NaO_2 geben gleichzeitig noch Sauerstoff ab. Beim Verdampfen des Wassers erhält man die Verbindungen KOHO Kalihydrat und NaOHO Natronhydrat, oder Aetzkali und Aetznatron, weisse, feste, schmelzbare, in Wasser unter Wärmeentwicklung ungemein lösliche, an der Luft in Folge von Wasseraufnahme zerfliessliche Körper. Sie sind in Alkohol löslich. Durch Erhitzen kann ihnen das Wasser nicht entzogen werden. Ihre wässerigen Lösungen nennt man Kali- oder Natronlauge; diese nehmen mit Begierde Kohlensäure auf. Beide Körper sind sehr starke Basen. Man stellt sie übrigens praktischer aus den kohlensauren Salzen dar, indem man deren wässerige Lösungen mit Kalkmilch, d. i. in Wasser fein zertheiltes Kalkhydrat, kocht. Die Zersetzungen gehen nach den Gleichungen

$$\underset{\text{kohlens. Kali}}{KOCO_2} + \underset{\text{Kalkhydrat}}{CaOHO} = \underset{\text{kohlens. Kalk}}{CaOCO_2} + \underset{\text{Kalihydrat}}{KOHO}$$

$$\underset{\text{kohlens. Natron}}{NaOCO_2} + CaOHO = CaOCO_2 + \underset{\text{Natronhydrat}}{NaOHO}$$

vor sich, jedoch nur bei einem bestimmten Verdünnungsgrad, denn sowohl bei zu grosser Verdünnung, als auch bei zu grosser Concentration findet keine Einwirkung statt.*)

3. Salze.

a) Schwefelsaure Salze. Die Schwefelsäure bildet mit den Basen Kalihydrat und Natronhydrat je zwei Reihen von Salzen.

α) Neutrale Salze: $KOSO_3$ und $NaOSO_3$ erhält man durch Zersetzung der freien Basen, oder der kohlensauren Salze oder der Chlorverbindungen mit Schwefelsäure, nach folgenden Gleichungen:

$KOHO + SO_3HO = KOSO_3 + 2HO$; $NaOHO + SO_3HO = NaOSO_3 + 2HO$

$KOCO_2 + SO_3HO = KOSO_3 + CO_2 + HO$; $NaOCO_2 + SO_3HO = NaOSO_3 + CO_2 + HO$
kohlens. Kali. ; kohlens. Natron.

$KCl + SO_3HO = KOSO_3 + HCl$; $NaCl + SO_3OH = NaOSO_3 + HCl$.
Chlorkalium. Chlornatrium.

Das schwefelsaure Natron führt den Namen Glaubersalz und krystallisirt mit 10 Aeq. Wasser. Das schwefelsaure Kali krystallisirt wasserfrei. Beide Salze sind in Wasser löslich. Das Natronsalz bei 33° C. am leichtesten.

β) Saure Salze. Mit Schwefelsäure zusammengebracht, vereinigen sich die neutralen schwefelsauren Salze noch je mit einem Aeq. Schwefelsäure, und man erhält die Verbindungen $KOSO_3 + SO_3HO$ und $NaOSO_3 + SO_3HO$, die übrigens bei der schwachen Rothglühitze SO_3HO abgeben und neutrale Salze liefern. Die sauren Salze sind in Wasser löslich und können krystallisiren.

b) Salpetersaure Salze: $KONO_5$ und $NaONO_5$. Diese Salze bilden sich beim Faulen stickstoffhaltiger, organischer Stoffe, bei Gegenwart von Kali oder Natron. So werden sie künstlich in den Salpeterplantagen erzeugt. In Ostindien und Ungarn befinden sich ausgedehnte Lager von Kalisalpeter und in Chile Lager von Natronsalpeter, die wahrscheinlich in gleicher Weise entstanden sind. Das Ammoniak, welches sich beim Verwesen der organischen Stoffe bildet, wird durch den Sauerstoff der Luft zu Salpetersäure oxydirt, welche sich mit den Kali- oder Natronsalzen umsetzt. So erhalten, sind dieselben niemals rein, sondern enthalten noch salpetersauren Kalk und Magnesia, wovon sie durch

*) Die Benennung der hier besprochenen Verbindungen ist oft eine verschiedene, indem die Unterscheidung zwischen Kali und Kalihydrat nicht genügend berücksichtigt wird. Kali ist keine Base, sondern Kalihydrat ist die Base der Kalisalze. Der Kürze halber wird dagegen oft von Kali gesprochen, als von einer basischen Verbindung; man hat dann immer das Kalihydrat darunter zu verstehen.

Zusatz der kohlensauren Alkalien befreit werden. Beide Salze krystallisiren wasserfrei, und sind in heissem Wasser beträchtlich löslicher, als in kaltem. Beim Erhitzen schmelzen sie und zersetzen sich unter Abgabe von Sauerstoff in salpetrigsaure Salze, und schliesslich in der Weissglühhitze unter Abgabe allen Stickstoffs und Zurücklassung von, mit Hyperoxyden vermengten, Oxyden. Der Natron- oder Chilisalpeter wird häufig zur Darstellung des Kalisalpeters verwendet. Ersterer findet sich in einem mächtigen Lager in Chile, und wird von dort in den Handel gebracht. Durch Chlorkalium wird er in Kalisalpeter verwandelt, welcher vorzüglich zur Fabrikation von Schiesspulver verwendet wird.

c) Kohlensaure Salze. Die Kohlensäure bildet mit Kali und Natron mehrere Salze.

α) Neutrale Salze. Das kohlensaure Kali $KOCO_2$, Potasche, wird beim Auslaugen der Asche von Landpflanzen gewonnen (rohe Potasche); es ist übrigens dann noch mit schwefelsauren Salzen von Kali, Natron, Magnesia, ferner mit Chlorkalium, Chlornatrium vermengt, von welchen man es durch Auflösen in wenig Wasser und Eindampfen der Lösung reinigt. (Gereinigte Potasche.) Durch Glühen von Weinstein und Ausziehen der Masse mit Wasser erhält man ein reineres kohlensaures Kali. In Wasser ist die Verbindung löslich und zerfliesst an feuchter Luft; sie krystallisirt aus einer heiss gesättigten Lösung mit 2 Aeq. Wasser.

Das kohlensaure Natron, Soda, wird hauptsächlich aus Kochsalz dargestellt. Man gewinnt zunächst schwefelsaures Natron daraus, und glüht dieses, nachdem man es mit Kohlen und Kreide (kohlensaurem Kalk) gemischt hat, in einem Flammenofen bis zum Teigigwerden der Masse. Hierbei verläuft eine Zersetzung, die sich durch folgende Gleichung ausdrücken lässt:

$$3NaOSO_3 + 4CaOCO_2 + 13C = 3NaOCO_2 + 3CaS.\ CaO + 14CO.$$

Beim Auslaugen der ganzen Masse löst sich nur das kohlensaure Natron und die Verbindung 3CaS. CaO bleibt zurück. Kohlenoxyd entweicht während des Erhitzens. Durch Umkrystallisiren wird die Soda gereinigt (Leblanc'sches Verfahren.) In der Kälte krystallisirt, enthält die Soda 10 Aeq. Krystallwasser. Die so erhaltenen Krystalle verwittern an der Luft sehr rasch, indem sie oberflächlich Krystallwasser abgeben. Beim Erhitzen schmelzen sie zuerst, geben dann ihr Wasser vollständig ab, und nachdem die Masse wieder fest geworden, schmilzt sie beim weiteren und stärkeren Erhitzen nochmals.

β) Saure Salze. Leitet man Kohlensäure in die concentrirten wässerigen Lösungen von Potasche oder Soda, so fallen die Verbindungen $KOCO_2 + CO_2HO$ und $NaOCO_2 + CO_2HO$, die doppeltkohlensauren Salze, nieder, welche das zweite Aequivalent Kohlensäure schon bei 100° C. abgeben, also auch schon beim Kochen

ihrer wässerigen Lösungen. In der Natur findet sich ausserdem noch ein Salz von der Formel $2NaOCO_2 + CO_2HO + 2HO$, welches den Namen Trona oder Urao führt. Es ist anderthalbfach-kohlensaures Natron.

d) Phosphorsaure Salze. Die Natronsalze der Phosphorsäuren sind allein wichtig. Die gewöhnliche Phosphorsäure giebt drei Salze mit Natron: $2NaO.HOPO_5$, erhalten beim Neutralisiren von $PO_5 3HO$ mit kohlensaurem Natron; $NaO2HO.PO_5$, erhalten beim Zusammenbringen des vorigen mit Phosphorsäure; und $3NaO.PO_5$, erhalten beim Zusammenbringen der beiden vorigen mit Natronlauge. Das Salz $2NaO.HOPO_5$ wird gewöhnliches phosphorsaures Natron genannt und krystallisirt leicht mit 24 Aeq. Krystallwasser. Durch Erhitzen dieses Salzes erhält man pyrophosphorsaures Natron, $2NaO.PO_5$, und aus $NaO2HO.PO_5$ beim Erhitzen, metaphosphorsaures Natron $NaOPO_5$, indem in beiden Fällen das Wasser vollständig austritt.

e) Haloidsalze. Diese Salze sind alle in Wasser löslich und können daraus krystallisiren. Sie können dargestellt werden durch Zersetzung der kohlensauren Salze mit den Wasserstoffsäuren. Chlorkalium und Chlornatrium (Kochsalz, Steinsalz) finden sich in der Natur in grosser Menge. Jodkalium und ähnlich Jodnatrium stellt man dar, indem man Jod in Kalilauge auflöst und das erhaltene Produkt schmilzt, die geschmolzene Masse mit Wasser auszieht und die Lösung zur Krystallisation eindampft. Bei der Auflösung von Jod in Kalilauge verläuft die Zersetzung nach folgender Gleichung: $6KOHO + 6J = 5KJ + KOJO_5 + 6HO$.

Durch Erhitzen wird das gebildete jodsaure Kali unter Abgabe sämmtlichen Sauerstoffs in Jodkalium verwandelt. Das Jodkalium wird praktisch auch gewonnen, wenn man die durch Vermischen von Jod, Eisenfeile und Wasser erhaltene Verbindung von Jod mit Eisen, durch kohlensaures Kali zersetzt, von dem entstandenen kohlensauren Eisenoxydul abfiltrirt und die Lösung zur Krystallisation verdampft. In ganz der gleichen Weise kann man Bromkalium und Bromnatrium darstellen.

f) Schwefelverbindungen des Kaliums und Natriums. Durch Reduction der schwefelsauren Salze mit Kohle in der heftigen Glühhitze erhält man die einfach Schwefelmetalle, ebenso wie beim Einleiten von Schwefelwasserstoff in Kalilauge oder Natronlauge. Das Schwefelnatrium, NaS, scheidet sich hierbei direct in Krystallen ab, wenn die Natronlauge concentrirt genug war. Um das Schwefelkalium KS rein zu erhalten, sättigt man Kalilauge vollständig mit Schwefelwasserstoff, vermischt alsdann mit der gleichen Menge Kalilauge und dampft die Flüssigkeit unter Sauerstoffabschluss ein. Folgende Gleichungen bezeichnen die genannten Reactionen:

$KOSO_3 + 4C = KS + 4CO$ } Reduction der schwefelsauren
$NaOSO_3 + 4C = NaS + 4CO$ } Salze durch Kohle.
$NaOHO + HS = NaS + 2HO$ } Bildung von Schwefelnatrium.
$KaOHO + 2HS = (KS + HS) + 2HO$ } Bildung von Schwefel-
$(KS + HS) + KOHO = 2KS + 2HO$ } kalium.

Die einfach Schwefelmetalle vereinigen sich mit HS zu sehr leicht löslichen Verbindungen. Mit Schwefel vereinigen sie sich beim Zusammenschmelzen und beim Digeriren ihrer wässerigen Lösung mit Schwefel. Es entstehen beim Kalium folgende Verbindungen: KS_2; KS_3; KS_4 und KS_5. Das Fünffachschwefelkalium KS_5 wird Schwefelleber genannt, und bildet eine amorphe, leberbraune Masse, die sich in Wasser zu einer dunkelgelben Flüssigkeit auflöst. Es findet in der Medicin Anwendung. Man erhält es, ausser nach den genannten Methoden, durch Zusammenschmelzen von Schwefel mit kohlensaurem Kali, wobei der chemische Prozess nach folgender Gleichung verläuft:

$$3KOCO_2 + 12S = 2KS_5 + \underset{\text{Unterschwefligsaures Kali.}}{KOS_2O_2} + 3CO_2.$$

g) Chlorsaures Kali $KOClO_5$. Leitet man Chlorgas in warme concentrirte Kalilauge, so erhält man neben Chlorkalium chlorsaures Kali nach folgender Gleichung:

$$6KOHO + 6Cl = 5KCl + KOClO_5 + 6HO.$$

Das chlorsaure Kali wird wegen seiner Schwerlöslichkeit zuerst auskrystallisiren. Erhitzt man chlorsaures Kali, so schmilzt es und entwickelt alsdann Sauerstoff, indem es sich in Chlorkalium verwandelt. Mit Salzsäure erhitzt, entwickelt es Chlorgas nach der Gleichung:

$$KOClO_5 + 6HCl = KCl + 6HO + 6Cl.$$

h) Unterchlorigsaures Natron, $NaOClO$. Leitet man Chlorgas in verdünnte kalte Natronlauge, so entsteht neben Chlornatrium unterchlorigsaures Natron nach der Gleichung:

$$2NaOHO + 2Cl = NaCl + NaOClO + 2HO.$$

Beide Salze bleiben in der Flüssigkeit gelöst. Dieselbe lässt sich als Bleichmittel verwenden und wirkt ähnlich wie Chlorkalk.

4. Salze des Radicals Ammonium.

Die Salze des Ammoniumoxyds sind analog zusammengesetzt den Salzen der Metalle, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

Kalium	K	NH_4	Ammonium;
Kaliumoxyd	KO	NH_4O	Ammoniumoxyd;
Schwefelsaures Kali	$KOSO_3$ . . .	NH_4OSO_3	Schwefelsaures Ammoniumoxyd;

Salpetersaures Kali	$KONO_5$ . . .	NH_4ONO_5	Salpetersaures Ammoniumoxyd;
Chlorkalium	KCl	NH_4Cl	Chlorammonium;
Schwefelkalium	KS	NH_4S	Schwefelammonium;
Kohlensaures Kali	$KOCO_2$ . . .	NH_4OCO_2	Kohlensaures Ammoniumoxyd.

Man nennt die Ammoniumoxydsalze häufig Ammoniaksalze. Sie sind alle flüchtig, oder durch Hitze zersetzbar, wodurch sie sich von den Salzen des Kaliums und Natriums unterscheiden, welche letztere man deshalb auch die fixen Alkalien nennt.

a) Schwefelsaures Ammoniak. Sättigt man Ammoniaklösung mit Schwefelsäure, und lässt die Lösung verdunsten, so erhält man Krystalle von der Formel NH_4OSO_3, welche sich mit Schwefelsäure zu saurem schwefelsaurem Ammoniak $NH_4OSO_3 + SO_3HO$ vereinigen. Beide Salze sind beim Erhitzen unter Zersetzung vollständig flüchtig.

b) Salpetersaures Ammoniak NH_4ONO_5 erhält man in analoger Weise wie das vorige Salz. Es zersetzt sich bei Erhitzen vollständig in Stickoxydul und Wasser nach der Gleichung:

$$NH_4ONO_5 = 2NO + 4HO.$$

Auch durch Zersetzung der wässerigen Lösungen von Salmiak und salpetersaurem Natron erhält man neben Chlornatrium salpetersaures Ammoniak. Dieses Salz löst sich in Wasser unter starker Abkühlung auf. Man verwendet es daher zur Bereitung von Kältemischungen.

c) Kohlensaures Ammoniak. Bei der trocknen Destillation von stickstoffhaltigen organischen Körpern bildet sich neben brenzlichen Oelen und andern Stoffen ein kohlensaures Ammoniak von der Formel $2NH_4OCO_2 + CO_2$. Reiner erhält man dieses Salz beim Erhitzen eines Gemisches von Salmiak mit Kreide, wobei es sublimirt. Leitet man in eine concentrirte wässerige Lösung dieses Salzes Kohlensäure, so entsteht zweifach kohlensaures Ammoniak, $NH_4OCO_2 + CO_2HO$, welches sich abscheidet. Erhitzt man wässerige Lösungen dieser Salze längere Zeit zum Sieden, so verflüchtigt sich allmählig alles Ammoniak und sämmtliche Kohlensäure.

d) Phosphorsaures Natron-Ammoniak. Phosphorsalz erhält man beim Vermischen der wässerigen Lösungen von $2NaO.HOPO_5$ und $2NH_4O.HOPO_5$ (erhalten durch Zersetzung von saurem phosphorsaurem Kalk mit Ammoniak oder kohlensaurem Ammoniak, pag. 81) und es entsteht nach der Gleichung:

$$2NaO.HOPO_5 + 2NH_4O.HOPO_5 = 2(NaONH_4OHOPO_5).$$

Beim Erhitzen desselben entsteht metaphosphorsaures Natron, Ammoniak und Wasser entweichen. Es findet zu Löthrohrversuchen Verwendung, ähnlich wie Borax.

e) Chlorammonium, Salmiak, NH_4Cl, gewinnt man beim Sättigen von Ammoniak mit Salzsäure und Eindampfen der Lösung zur Krystallisation. Im Grossen stellt man es dar aus den Producten der trocknen Destillation stickstoffhaltiger organischer Körper, so z. B. aus dem Theerwasser der Steinkohlengasfabriken, durch Sättigen derselben mit Salzsäure oder mit Schwefelsäure, und Zersetzung des so gebildeten schwefelsauren Ammoniaks mit Kochsalz. Durch Sublimation wird der Salmiak gereinigt. Er bildet alsdann eine faserige, zähe Masse. Aus Wasser krystallisirt er in federfahnenartigen Gebilden. Beim starken Erhitzen zersetzt er sich in NH_3 und HCl, welche sich beim Sinken der Temperatur jedoch wieder vereinigen. In heissem Wasser ist der Salmiak sehr leicht löslich, in kaltem weniger.

f) Schwefelammonium, NH_4S, wird in farblosen Krystallen erhalten, beim Zusammenbringen von 1 Vol HS mit 2 Vol. NH_3 bei sehr niederer Temperatur. Leitet man HS bis zur Sättigung in eine wässerige Lösung von NH_3, so bildet sich die farblose Lösung der Verbindung Ammoniumsulfhydrat (NH_4S + HS), welche mit der, der ursprünglichen gleichen, Menge von Ammoniak vermischt, eine wässerige Lösung von NH_4S giebt.

Diese Flüssigkeit findet bei analytischen Arbeiten sehr ausgedehnte Anwendung. An der Luft färbt sie sich bald gelb, indem sich mehrfach Schwefelammonium nach der Gleichung:

$$2NH_4S + O = NH_3 + HO + NH_4S_2$$

bildet.

5. Vorkommen der Alkalimetalle und der Ammoniumverbindungen in der Natur.

In freiem Zustande kommen K und Na nicht in der Natur vor, ebenso wenig in Form basischer oder wasserfreier Oxyde. Sie finden sich übrigens sehr verbreitet als Chlorverbindungen. Das Chlorkalium kommt ausser im Meerwasser und vielen Binnenwässern namentlich auch mit MgCl verbunden im Stassfurter Salzlager vor. Es bildet dort den sogenannten Carnallit (MgCl + KCl + 12HO), welcher mit Sylvin (reinem KCl) in geringer Menge durchwachsen, eine nahezu 100 Fuss dicke Schicht ausmacht, die oben auf dem ganzen Salzlager aufliegt, und noch durch eine mehrere Hundert Fuss dicke Erdschicht überdeckt ist. In den Fabriken wird neuerdings das meiste Chlorkalium aus diesem Carnallit gewonnen, welcher beim Auflösen in Wasser und Krystallisirenlassen das Chlorkalium in Krystallen liefert, während Chlormagnesium gelöst bleibt. Das Chlorkalium ist ferner ein Bestandtheil der meisten Pflanzenaschen, namentlich der Binnenlandpflanzen. Chlornatrium kommt hauptsächlich im Meerwasser und in

fester Form als Steinsalz in der Natur vor. Ausserdem findet es sich in den meisten Wässern, in einigen, den sogen. Soolwässern, in grösserer Menge. Das Meerwasser ist auf der ganzen Erde fast gleich zusammengesetzt, und enthält z. B. das Wasser des mittelländischen Meeres in 100 Theilen:

Chlornatrium	2,99 Theile
Bromnatrium	0,05 „
Chlorkalium	0,05 „
Chlormagnesium	0,32 „
Schwefels. Magnesia	0,24 „
Schwefels. Kalk	0,13 „
Kohlens. Kalk	0,01 „
Eisenoxyd	Spur
In Summa feste Bestandtheile	3,79 Theile.

Das Steinsalz ist Chlornatrium, welches sich in fester Form abgelagert hat und an einzelnen Orten der Erde ungeheure Lager bildet. So sind die Steinsalzlager von Wieliczka in Galizien, Berchtesgaden in Tyrol und Stassfurt in preussisch Sachsen Fundgruben für Kochsalz, welche den Bedarf dieses wichtigen Körpers für lange Zeit decken. Das Steinsalz ist meist durchzogen von Adern oder Schnüren von Gyps (wasserhaltigem schwefelsaurem Kalk) oder Anhydrit (wasserfreiem schwefelsaurem Kalk) und vermengt mit Thon (kieselsaurer Thonerde) und Mergel (kohlensauren Kalk enthaltendem Thon).

Das Steinsalz wird bergmännisch gewonnen. In Stassfurt bildet es die unterste, jetzt schon beinahe 700 Fuss tief erbohrte Schicht des ganzen Salzlagers. Das erste Steinsalz zeigt sich dort in einer Tiefe von 800 Fuss, aber erst bei 1000 Fuss Tiefe lohnt sich die Anlegung eines Stollens. Zur Gewinnung des Kochsalzes aus den Soolwässern werden dieselben zuerst in sogen. Gradirhäusern theilweise verdunstet, und schliesslich durch Eindampfen zur Krystallisation gebracht.

Auch als schwefelsaure Salze finden sich die Alkalimetalle in den verschiedenen Wässern.

Das Vorkommen in Form salpetersaurer Salze ist schon erwähnt worden.

Ein ferneres sehr wichtiges Vorkommen ist das in vielen Silicaten, so namentlich im Feldspath und Glimmer, welche Bestandtheile des Granits sind. Wir werden dieses Vorkommen im mineralogischen Theil näher besprechen.

Die Ammoniaksalze kommen viel seltener in der Natur vor, und finden sich hauptsächlich in Form von Chlorammonium, als Sublimationsproduct der Laven, und in den Solfataren, ferner in den Laugen der Borsäure in Toskana.

6. Technische Verwendung der Alkalimetalle und ihrer Verbindungen.

Potasche wird zur Fabrikation des böhmischen Glases, des Salpeters, des Schiesspulvers, des Alauns, des Blutlaugensalzes und weicher Seifen verwendet; das Aetzkali findet in der Seifenfabrikation Anwendung. Das Chlorkalium dient zur Darstellung von Kalisalpeter aus dem billigen Natronsalpeter. Der Kalisalpeter ist die in der Technik wichtigste Kaliverbindung. Er wird zur Darstellung der Salpetersäure und namentlich zur Fabrikation von Schiesspulver verwendet. Das Schiesspulver ist ein mechanisches Gemenge von Salpeter, Kohle und Schwefel und enthält je nach den Verwendungen 66—75 % Salpeter, 12—20 % Kohle und 10—15 % Schwefel. Zur Darstellung des Schiesspulvers muss ein möglichst reiner Salpeter verwendet werden, auch auf die Wahl der Kohle ist besonderes Gewicht zu legen; vorzüglich eignet sich die Kohle des Faulbaumholzes. Der Schwefel wird in Form von Stangenschwefel angewendet; Schwefelblumen eignen sich nicht. Eine möglichst innige Mischung der fein pulverisirten Substanzen ist nun das Schiesspulver; je nach der Verwendung wird dasselbe zu gröberen oder feineren Körnern geformt. Das Schiesspulver verbrennt, einmal entzündet, auf Kosten des Sauerstoffs des in ihm enthaltenen Salpeters; der Kohlenstoff verbrennt zu Kohlensäure, der Stickstoff wird frei und das Kalium des Salpeters verbindet sich mit Schwefel zu einfach Schwefelkalium. Wird die Entzündung des Schiesspulvers in einem geschlossenen Raume vorgenommen, so üben die entstandenen Gase einen um so stärkeren Druck auf die Wände des Gefässes aus, je rascher sie entstehen und je stärker sie durch die Verbrennungswärme des Schiesspulvers ausgedehnt werden. Daher eignet sich ein Schiesspulver, welches sehr rasch verbrennt, vorzüglich zum Sprengen von Felsen etc., während für die Verwendung des Schiesspulvers in Geschützen ein solches vorzuziehen ist, welches, wenn auch nicht langsam, so doch langsamer als das andere verbrennt, weil bei zu rascher Explosion eine Zertrümmerung der Geschützröhre zu fürchten wäre. Eine Gleichung für die Zersetzung des Schiesspulvers aufzustellen, ist unmöglich, weil die Zersetzungsproducte in wechselnden Mengen auftreten.

Das Chlornatrium oder Kochsalz dient, ausser zu Haushaltungszwecken und als Nahrungsmittel, zur Bereitung der Soda, des Chlors und des Salmiaks; ausserdem in der Gerberei und zum Aussalzen der Seife. Die Soda wird hauptsächlich bei der Glasfabrikation und zur Darstellung von Aetznatron, sowie in der Färberei in bedeutender Menge verwendet. Der Sal-

miak wird zur Gewinnung des Salmiakgeistes, in der Färberei und in der Medicin und zu vielen andern Zwecken verwendet.

7. Seltenere Alkalimetalle.

Zur Gruppe der Alkalimetalle gehören ausser den beschriebenen noch Lithium, Li = 7; Cäsium, Cs = 133 und Rubidium, Rb = 85,4. Das Lithium findet sich hauptsächlich im Lepidolith; Cäsium und Rubidium in den meisten Salzsoolen als Chlorverbindungen.

II. Gruppe der alkalischen Erdmetalle.

1. Baryum, Ba = 68,6; Strontium, Sr = 43,7; Calcium, Ca = 20 ; Magnesium, Mg = 12.

Die Metalle Baryum, Strontium und Calcium werden durch Zersetzung ihrer Chlorverbindungen vermittelst des galvanischen Stromes dargestellt. Das Magnesium wird als Regulus erhalten beim Zusammenschmelzen von wasserfreiem Chlormagnesium mit Kochsalz und Natrium. Das Magnesium ist silberweiss, lässt sich zu Draht ausziehen und zu Blech auswalzen. Ein Magnesiumdraht verbrennt, einmal entzündet, mit ungemein hellem, weissem Lichte zu Magnesia, MgO.

2. Sauerstoffverbindungen. Erdalkalien.

BaO, Baryumoxyd oder Baryt; SrO, Strontiumoxyd oder Strontian; CaO, Calciumoxyd oder Kalk und MgO, Magnesiumoxyd oder Magnesia können durch Erhitzen der salpetersauren Salze dargestellt werden. CaO und MgO stellt man übrigens praktischer durch Erhitzen der kohlensauren Salze dar. Alle vier Verbindungen bilden weisse, unschmelzbare Massen. Die drei ersten vereinigen sich beim Zusammenkommen mit Wasser unter Wärmeentwicklung zu BaOHO Barythydrat, SrOHO Strontionhydrat und CaOHO Kalkhydrat. MgOHO, Magnesiahydrat, wird durch Fällen von schwefelsaurer Magnesia mit Kalihydrat erhalten, nach der Gleichung:

$$MgOSO_3 + KOHO = MgOHO + KOSO_3.$$

CaOHO und MgOHO geben beim Glühen HO ab, und es bleiben die wasserfreien Oxyde zurück. Barythydrat und Strontianhydrat sind in Wasser löslich und können krystallisirt erhalten werden. Die genannten Verbindungen ziehen Kohlensäure aus der Luft an. Barythydrat erhält man aus Schwefelbarium durch Kochen mit

Kupferoxyd, Abfiltriren vom Schwefelkupfer und Verdampfen der Lösung zum Krystallisiren. — Kalkhydrat ist in Wasser etwas löslich. Man nennt seine Lösung Kalkwasser. In Wasser fein zertheilt, als Kalkmilch, erfährt das Kalkhydrat öfters Anwendung. Erhitzt man BaO im Sauerstoffstrom gelinde, so verwandelt es sich in BaO_2, Baryumhyperoxyd, eine graue Masse, die sich beim Glühen zersetzt, in BaO und Sauerstoff.

3. Salze.

a) Die schwefelsauren Salze der Erdalkalien kommen in der Natur vor und können künstlich dargestellt werden. So erhält man schwefelsauren Baryt, $BaOSO_3$, beim Erhitzen vieler Barytverbindungen mit Schwefelsäure, oder beim Fällen eines löslichen Barytsalzes mit dieser Säure. Ebenso erhält man schwefelsauren Strontian, $SrOSO_3$, und schwefelsauren Kalk, $CaOSO_3$. Die schwefelsaure Magnesia, $MgOSO_3$, wird lediglich aus den sog. Bitterwässern und aus den Mutterlaugen von Kochsalz dargestellt. $CaOSO_3$ krystallisirt mit 2 Aeq. Wasser (Gyps), die es beim Erhitzen auf 120° C. verliert. Der so erhaltene wasserfreie schwefelsaure Kalk (gebrannter Gyps) nimmt beim Befeuchten mit Wasser wieder 2 Aeq. davon auf und bildet alsdann eine consistente harte Masse (Erhärten des Gypses). Erhitzt man dagegen den Gyps stärker, etwa auf 160° C. oder höher, so verliert es die Eigenschaft, sich mit 2 Aeq. Wasser verbinden zu können. Er ist alsdann in sogenannten Anhydrit übergegangen, einen Körper, der sich ziemlich verbreitet in der Natur findet. $MgOSO_3$ krystallisirt mit 7 Aeq. Wasser, die es beim Erhitzen verliert und bildet alsdann farblose Krystalle von bittersalzigem Geschmack. Sie werden Bittersalz genannt.

In Bezug auf ihre Löslichkeit bilden die schwefelsauren Salze der vier Erdalkalien eine Reihe; so ist die schwefelsaure Magnesia am leichtesten löslich (100 Thle. Masse lösen bei 0° C. 24,7 Thle. wasserfreies Salz), schwefelsaurer Kalk ist schwerer löslich (100 Thle. Wasser lösen circa 0,2 Thle. schwefelsauren Kalk) und schwefelsaurer Baryt ist so gut wie unlöslich. Bemerkenswerth ist ferner, dass die Löslichkeit des schwefelsauren Kalks bei höherer Temperatur abnimmt.

b) Die salpetersauren Salze werden durch Sättigen der kohlensauren Salze mit Salpetersäure erhalten. Sie sind krystallisirbar.

c) Kohlensaure Salze. Diese werden durch Fällung löslicher Salze mit kohlensaurem Natron dargestellt und finden sich in der Natur. Sie sind in Wasser sämmtlich unlöslich, verwandeln sich aber, mit kohlensäure-haltigem Wasser behandelt, in lös-

liche doppeltkohlensaure Salze. Die Formeln dieser verschiedenen Salze sind: $BaOCO_2$, kohlensaurer Baryt; $SrOCO_2$, kohlensaurer Strontian; $CaOCO_2$, kohlensaurer Kalk und $4MgOCO_2 + MgOHO$ (Magnesia alba), basisch kohlensaure Magnesia. Auch eine neutrale kohlensaure Magnesia, $MgOCO_2$ ist bekannt; sie scheidet sich in Verbindung mit 3 Aeq. Wasser beim Stehen einer Lösung obiger Verbindung in kohlensäure-haltigem Wasser aus. Die doppeltkohlensauren Salze, die nach der allgemeinen Formel $MOCO_2 + CO_2HO$ zusammengesetzt sind, wo M sowohl Ba als Sr, Ca oder Mg bedeuten kann, verlieren das zweite Aeq. CO_2HO beim Erwärmen ihrer wässerigen Lösungen, und es fallen alsdann die neutralen Salze als krystallinische Niederschläge.

d) Phosphorsaurer Kalk, $3CaO.PO_5$, wird als weisser gelatinöser Niederschlag erhalten, beim Fällen einer mit Ammoniak versetzten Chlorcalciumlösung mit phosphorsaurem Natron nach der Gleichung:

$$3CaCl + NH_3 + 2NaO.HOPO_5 = 3CaO.PO_5 + NH_4Cl + 2NaCl.$$

Nach dem Trocknen bildet er ein weisses, erdiges Pulver. Die Verbindung wird meist, fälschlich, basisch phosphorsaurer Kalk genannt. Sie ist in Wasser unlöslich, wird aber selbst von verdünnter Salzsäure aufgelöst, unter Bildung löslichen sauren phosphorsauren Kalkes, nach der Gleichung:

$$3CaOPO_5 + 2HCl = 2CaCl + CaO2HO.PO_5.$$

Der basisch phosphorsaure Kalk findet sich in der Natur als Phosphorit und ist neben kohlensaurem Kalk ein Bestandtheil der weissgebrannten Knochen (Knochenerde).

e) Chlorverbindungen. Das Chlorbaryum, BaCl, wird erhalten durch Sättigen der wässerigen Lösung von Schwefelbaryum mit Salzsäure. Es entweicht hierbei Schwefelwasserstoff nach der Gleichung:

$$BaS + HCl = BaCl + HS.$$

Auch aus kohlensaurem Baryt lässt sich mit Salzsäure Chlorbarium darstellen. Chlorbaryum krystallisirt mit 2 Aeq. Wasser, ist löslich in Wasser und sehr giftig.

Chlorcalcium CaCl, wird aus kohlensaurem Kalk oder Kalkhydrat durch Sättigen mit Salzsäure dargestellt. Dampft man eine wässerige Lösung von Chlorcalcium ein, bis eine an einem Glasstab herausgenommene Probe der Lösung zu erstarren beginnt, und lässt alsdann erkalten, so scheiden sich grosse Krystalle aus, welche die Formel $CaCl + 6HO$ haben. Durch Erhitzen lassen sich diesen Krystallen noch 4HO entziehen, und man erhält alsdann eine sehr poröse Masse, die bei weiterem Erhitzen unter Abgabe sämmtlichen Wassers schmilzt. Das Chlorcalcium ist sehr hygroskopisch, es zerfliesst an feuchter Luft. Mit Wasser zusammengebracht

löst es sich unter beträchtlicher Wärmeentwicklung darin auf, während das mit 6 Aeq. HO krystallisirte Chlorcalcium beim Vermischen mit Eis oder Schnee eine Temperaturerniedrigung um 48° C. bewirkt.

Durch Auflösen von Magnesia oder kohlensaurer Magnesia und Krystallisiren der Lösung erhält man Krystalle von der Formel $MgCl + 6HO$, wasserhaltiges Chlormagnesium. Erhitzt man diese Verbindung, so verliert sie zunächst Wasser, dann aber Salzsäure und es bleibt MgO zurück. Um wasserfreies Chlormagnesium zu erhalten, welches man zur Darstellung des Metalls verwendet, erhitzt man ein Doppelsalz von Chlormagnesium mit Chlorammonium, $MgCl + NH_4Cl$ (erhalten beim Eindampfen der wässerigen Lösung von Salmiak mit der Lösung obigen Salzes zur Trockne), zum Glühen; der Salmiak entweicht und das zurückbleibende Chlormagnesium schmilzt und bildet alsdann eine glasartige Masse.

f) Schwefelverbindungen. Durch Glühen eines innigen Gemisches von schwefelsaurem Baryt mit Kohle, stellt man Schwefelbaryum, BaS, dar, welches zur Gewinnung anderer Barytsalze von Wichtigkeit ist. Analog wird Schwefelcalcium, CaS, dargestellt. Leitet man in Kalkmilch Schwefelwasserstoffgas, so entsteht eine Lösung von Calciumsulfhydrat, $CaS + HS$, welche die merkwürdige Eigenschaft besitzt, die Haare derart anzugreifen, dass sie sich mit der Hand von der Haut wegnehmen lassen. Die orientalischen Völker benutzen sie als Enthaarungsmittel (Rhusma). Durch Kochen von Kalkmilch mit Schwefel erhält man fünffach-Schwefelcalcium, CaS_5, in Form einer gelbrothen Lösung.

g) Unterchlorigsaurer Kalk, CaOClO, wird gemengt mit Chlorcalcium und Kalkhydrat, erhalten beim Ueberleiten von Chlorgas über befeuchtetes Kalkhydrat (siehe pag. 76). Man nennt die ganze Masse Bleichkalk, weil sie zum Bleichen verwendet wird.

h) Versetzt man eine Lösung von Bittersalz mit einer Lösung von phosphorsaurem Natron und Ammoniak, so erhält man einen krystallinischen Niederschlag von der Formel: $2MgO.NH_4OPO_5 + 12HO$, welcher phosphorsaure Ammoniakmagnesia genannt wird; derselbe ist löslich in verdünnten Säuren.

4. Vorkommen der Erdalkalimetalle in der Natur.

Die Erdalkalimetalle gehören zu den am weitest verbreiteten und allgemein vorkommenden Körpern, und ist vorzüglich der kohlensaure Kalk das Material, aus der sich ganze Gebirgsstöcke zusammensetzen. Folgende sind nun die wichtigsten ihrer Verbindungen die sich in der Natur finden: Kohlensaurer Baryt, genannt Witherit, findet sich hauptsächlich in Lancashire in Eng-

land und bildet ein Hauptmaterial für die Darstellung der Barytpräparate; kohlensaurer Strontian, genannt Strontianit, findet sich in Schottland; kohlensaurer Kalk in mehreren Formen: als Aragonit in Formen des rhombischen Systems krystallisirt; als Kalkspath (Doppelspath, siehe Physik) in Rhomboëdern krystallisirt; als Marmor, sehr verbreitet, klein krystallisirt, am reinsten in Carrara (Italien) vorkommend; als Kreide, in amorphem Zustande, grosse Lager und Felsen bildend; als Kalkstein, ebenfalls ganze Gebirgsstöcke bildend; endlich als Tropfstein in Höhlen, sich ausscheidend aus der wässerigen Lösung von doppeltkohlensaurem Kalk. Ferner ist kohlensaurer Kalk ein Bestandtheil der Pflanzenaschen. Doppeltkohlensaurer Kalk ist in den meisten Binnenwässern gelöst. Schwefelsaurer Baryt, wegen seines hohen spec. Gewichts 4,4 Schwerspath genannt; schwefelsaurer Strontian, genannt Cölestin; schwefelsaurer Kalk, als Gyps und als Alabaster klein krystallisirt, als Marienglas grösser krystallisirt, durchsichtige, tafelförmige Krystalle bildend, und endlich als Anhydrit im Steinsalz eingebettet. Kohlensaure Magnesia, hauptsächlich mit kohlensaurem Kalk verbunden im Dolomit, schwefelsaure Magnesia in den Bitterwässern von Epsom in England, Seydschütz, Sedlitz und Püllna. Ausserdem finden sich die Erdalkalimetalle noch in einer Reihe von Silicaten, von denen die Magnesiasilicate die wichtigsten sind. Es sei von letzteren nur genannt: Talk, Meerschaum, Speckstein, Serpentin, Hornblende und Olivin.

Sehr wichtig ist ferner das Vorkommen des Kalks als phosphorsaurer Kalk im Phosphorit und Agatit, und als Fluorcalcium im Flussspath. Das Fluorcalcium kann wie die meisten hier genannten Verbindungen künstlich dargestellt werden, wenn auch nicht in der Krystallform des Flussspaths durch Zusammenbringen von Flusssäure mit kohlensaurem Kalk, wobei sich ein weisser, in Wasser und Säuren unlöslicher Niederschlag von Fluorcalcium bildet. Von concentrirter Schwefelsäure wird das Fluorcalcium unter Entwicklung von Fluorwasserstoffsäure zersetzt.

5. Technische Verwendung der Verbindungen der Erdalkalimetalle.

a) Barytverbindungen erfahren in neuerer Zeit ausgedehntere Anwendung. Man benutzt zu ihrer Darstellung den Witherit oder den Schwerspath, den man durch Glühen mit Kohle in Schwefelbaryum verwandelt, aus welchem alsdann die anderen Barytsalze leicht darzustellen sind. Die wichtigste Barytverbindung ist der gefällte schwefelsaure Baryt, der unter dem Namen Permanent-

weiss als Farbe benutzt wird. Aetzbaryt dient in neuerer Zeit häufig als Ersatz für Aetzkali oder Aetznatron.

b) Strontianverbindungen haben noch keine andere Anwendung als zur Feuerwerkerei erfahren. Man benutzt salpetersauren Strontian zur Herstellung von Brandsätzen für rothes Feuer.

c) Die Kalkverbindungen sind für die Technik die wichtigsten Verbindungen dieser Gruppe und erleiden eine sehr ausgedehnte Anwendung. Namentlich ist es das Kalkhydrat, welches zu einer grossen Anzahl von technischen Operationen gebraucht wird. Die Darstellung des Kalkhydrats ist schon angegeben worden; im Grossen verfährt man ungefähr folgendermaassen. Der in der Natur in sehr vielen verschiedenen Formen vorkommende kohlensaure Kalk wird in eignen Oefen gebrannt und dadurch von seiner Kohlensäure befreit. Die Einrichtung dieser sogen. Kalköfen ist eine verschiedene, je nachdem der Process ein continuirlicher sein oder unterbrochen werden soll. In diese Oefen wird der kohlensaure Kalk, wie er sich vorzüglich als sogen. Kalkstein findet, in Stücken geschichtet und geglüht. Man erhält so den gebrannten Kalk, welcher durch Uebergiessen mit Wasser gelöscht wird. Beim Löschen des Kalks erfolgt unter beträchtlicher Wärmeentwicklung die Vereinigung desselben mit Wasser und die Bildung der Verbindung CaOHO, welche nun gelöschter Kalk genannt wird. Während der gebrannte Kalk grosse harte Stücke von der Form des ursprünglichen Kalksteines bildet, befindet sich der gelöschte Kalk in einem solchen Zustande feiner Zertheilung, dass er unmittelbar verwendet werden kann. Der gebrannte Kalk zerfällt beim Löschen zu einem feinen Pulver. Wegen seiner grossen Verwandtschaft zur Kohlensäure wird der gelöschte Kalk meist mit Sand überdeckt in Gruben aufbewahrt. Diese Verwandtschaft zur Kohlensäure macht den gelöschten Kalk zu vielen Verwendungen brauchbar, so zur Darstellung von Aetzkali und Aetznatron. Ausserdem wird der gelöschte Kalk hauptsächlich bei folgenden technischen Operationen verwendet: Zur Darstellung des Ammoniaks aus Salmiak, und von Chlorkalk; bei der Zuckerfabrikation, zum Raffiniren des Zuckers; zur Reinigung des Leuchtgases; in der Gerberei, zum Enthaaren der Häute; in der Färberei zur Bereitung der Indigküpen; ferner bei der Glasfabrikation als Zusatz zum Glase, und schliesslich hauptsächlich zur Bereitung von Mörtel.

Nebem Kalkhydrat ist jedoch auch der natürliche kohlensaure Kalk je nach seiner äusseren Beschaffenheit häufig Gegenstand der Verarbeitung. So dient der Marmor als vorzügliches Material zur Herstellung von Sculpturwerken, so wie als Baumaterial, während andererseits der amorphe kohlensaure Kalk als Kreide im gewöhnlichen Leben eine ungemein ausgedehnte Ver-

wendung findet. Bei chemischen Processen dient der kohlensaure Kalk als beste und billigste Kohlensäurequelle, indem durch jede andere Säure die Kohlensäure daraus frei gemacht wird. Auch der schwefelsaure Kalk, und zwar namentlich der Gyps, ist zu manchen Zwecken brauchbar. Man unterscheidet nach ihrem Aussehen verschiedene Sorten Gyps, den feinkörnigen, in reinster und weissester Form Alabaster genannt, und den dichten und erdigen Gyps, welche beide technische Verwendung finden. Der erstere, Alabaster, dient zur Anfertigung von architektonischen Zierrathen und anderen gedrehten oder geschliffenen Gegenständen. Der dichte Gyps dagegen wird in viel grösserer Menge verarbeitet. Er wird zunächst gebrannt, d. h. einer Temperatur, die 160° C. nicht übersteigen soll, ausgesetzt, wobei er zwei Aequivalente Krystallwasser verliert. Der so gebrannte Gyps hat, wie schon gesagt, die Eigenschaft, mit Wasser zu einem dicken Brei angerührt, unter Erwärmen eine feste Masse zu bilden. Dies Erstarren geschieht bei gutem gebranntem Gyps in 2 – 3 Minuten. Man benutzt daher den Gyps zum Fertigen von Abgüssen, indem man den mit Wasser angerührten Brei rasch in die betreffende Form eingiesst. Solche Gypsabgüsse werden vielfach als Formen für Metallguss verwendet. Auf die gleiche Weise werden Gypsstatuen etc. gemacht. Wie mit Wasser, erhärtet der Gyps auch mit den Lösungen mancher Salze, z. B. kohlensaurem oder schwefelsaurem Kali. Vermischt man gebrannten Gyps mit Leimlösung, so erhält man bei langsamerem Erstarren eine härtere Masse, die zu architektonischen Zierrathen verwendet wird, und den Namen Stuck führt. Der ungebrannte Gyps wird hauptsächlich als Düngemittel zum Bestreuen der Wiesen und des Klees angewendet.

III. Gruppe der Erdmetalle.

1. Aluminium. Al = 13,6.

Man stellt dieses Metall dar, indem man Chloraluminium dampfförmig mit Natrium zusammenbringt. Es bildet sich hierbei neben metallischem Aluminium eine Verbindung von Chloraluminium mit Chlornatrium. Durch Erhitzen zur Rothgluth in einem Strome von Wasserstoffgas wird das Aluminium zu Kügelchen zusammenschmelzen, während obige Verbindung verflüchtigt wird. Praktisch kann man auch den Kryolith, eine in der Natur vorkommende Fluorverbindung des Aluminiums, statt des Chloraluminiums anwenden.

Das Metall ist in reinem Zustande weiss und besitzt einen

Glanz, der zwischen dem des Zinks und dem des Zinns steht. Es ist dehnbar und lässt sich leicht zu Blech auswalzen, schwieriger zu Draht ausziehen. An der Luft hält es sich sehr gut und wird selbst in der Glühhitze nicht leicht oxydirt, wenn es sich in compactem Zustande befindet. Verdünnte Salzsäure löst es unter stürmischer Wasserstoffentwicklung auf, während Salpetersäure, verdünnt oder concentrirt, in der Kälte ohne alle Einwirkung ist. Kalilauge löst es beim Kochen unter Wasserstoffentwicklung auf. Das Aluminium erfährt verschiedene Anwendung zur Anfertigung von Luxusartikeln aller Art.

2. Sauerstoffverbindung.

Mit Sauerstoff bildet das Aluminium nur eine Verbindung, welche nach der Formel Al_2O_3 zusammengesetzt ist. Diese Verbindung führt den Namen Aluminiumoxyd oder Thonerde, weil sie ein wesentlicher Bestandtheil des Thones ist. Sie ist ein weisser, in Wasser unlöslicher Körper, der sowohl in amorphem, als auch in krystallisirtem Zustande erhalten werden kann. Durch Fällung einer Alaunlösung mit kohlensaurem Ammoniak, Filtriren, Auswaschen und Glühen des erhaltenen Niederschlags stellt man die amorphe Thonerde dar, welche erst im Knallgasgebläse schmelzbar ist, und nach dem Schmelzen krystallinisch erstarrt. Die nur schwach geglühte Thonerde ist in verdünnten Säuren und in fixen Alkalien löslich, die zur Rothgluth erhitzte löst sich dagegen nicht auf; durch Erhitzen mit conc. Schwefelsäure kann man auch diese in Lösung bringen. In Verbindung mit drei Aeq. Wasser bildet die Thonerde das Thonerdehydrat, $Al_2O_3\,3HO$, welches durch Fällung einer Alaunlösung mit Ammoniak oder kohlensaurem Ammoniak als gelatinöse weisse Masse erhalten wird. Beim Glühen giebt es sein Wasser ab. Thonerdehydrat ist noch leichter in Säuren und den Lösungen der fixen Alkalien löslich, als die Thonerde selbst. In Bezug auf seinen chemischen Charakter steht das Thonerdehydrat gewissermassen zwischen Säuren und Basen, indem es sich gegen starke Basen wie eine Säure, und gegen starke Säuren wie eine Base verhält. So bildet Thonerde mit Kali, Natron, Magnesia und anderen Basen wahre chemische Verbindungen, wovon die Magnesiaverbindung, das Mineral Spinell, die Formel $MgO\,Al_2O_3$ hat; andererseits bildet die Thonerde mit Schwefelsäure ein Salz, welches die Formel $Al_2.O_3\,3SO_3$ hat. Die Thonerde ist als Base dreisäurig, indem sie sich mit drei Aequivalenten einer einbasischen Säure zu einem Salze umsetzt. Ihre Salze sind nach den auf pag. 37 angegebenen allgemeinen Formeln:

$$B''' + 3S'; \quad 2B''' + 3S''; \quad B''' + S'''$$

zusammengesetzt, z. B.:

$Al_2O_3\,3SO_3$ = schwefelsaure Thonerde
$Al_2O_3\ PO_5$ = phosphorsaure Thonerde.

3. Salze.

In den Salzen der Thonerde fungirt die Thonerde als Basis. Die oben angegebenen Formeln zeigen wie ihre Zusammensetzungen sind. Da die Thonerde die erste mehrsäurige Base ist, die wir kennen lernen, so wollen wir die Zusammensetzung ihrer Salze etwas näher betrachten. Die schwefelsaure Thonerde kann nach den in der Einleitung mitgetheilten Betrachtungen aus der Schwefelsäure entstanden gedacht werden, indem deren Wasser durch die aequivalente Menge Thonerde ersetzt ist. Da Thonerde dreisäurig ist, also gleichwerthig 3HO, so werden drei Aequivalente Schwefelsäure an der Bildung des Salzes Theil nehmen:

$$\begin{matrix} SO_3\,HO \\ SO_3\,HO \\ SO_3\,HO \end{matrix} \text{ wird zu } \left.\begin{matrix} SO_3 \\ SO_3 \\ SO_3 \end{matrix}\right\} Al_2O_3.$$

Eine andere Form, in welcher derselbe Gedanken ausgedrückt werden kann, ist diejenige, das Salz aus der Säure abgeleitet zu denken, indem der Wasserstoff ersetzt wird durch das Radical der Base, d. h. durch das Metall, also:

$$\begin{matrix} SO_3\,HO \\ SO_3\,HO \\ SO_3\,HO \end{matrix} \text{ wird zu } \begin{matrix} SO_3 & & O \\ SO_3 & Al_2 & O \\ SO_3 & & O \end{matrix}$$

indem Al_2 an die Stelle von H_3 tritt.

Selbstverständlich wird man zu derselben Formel gelangen, wenn man die andere in der Einleitung entwickelte Ableitung benutzt, nämlich die aus der Base, in welcher der Wasserstoff durch das Radical der Säure ersetzt wird, z. B.:

$$Al_2O_3 \begin{matrix} HO \\ HO \\ HO \end{matrix} \text{ wird zu } Al_2O_3 \begin{matrix} SO_2\,O \\ SO_2\,O \\ SO_2\,O \end{matrix}$$

indem $3SO_2$, das Radical der Schwefelsäure (siehe pag. 67), an Stelle von 3H tritt. Durch Zusammenfassung beider Vorstellungen gelangt man schliesslich zu folgender Formel der schwefelsauren Thonerde:

$$Al_2\,O_3\,O_3\,3SO_2 \quad \text{oder} \quad Al_2\,O_6\,3SO_2$$

$$\text{oder} \quad \left.\begin{matrix} Al_2 \\ 3SO_2 \end{matrix}\right\} O_6.$$

Wir sehen in diesen Formeln Al_2 als dreiwerthiges Radical auftreten, was als charakteristisch für diejenigen Metalle anzu-

sehen ist, welche Oxyde, nach der Formel R_2O_3 zusammengesetzt, also Sesquioxyde, bilden.

a) Schwefelsaure Thonerde, $Al_2O_3 3SO_3$, wird erhalten beim Erhitzen von Thon mit mässig concentrirter Schwefelsäure, und krystallisirt aus dieser Lösung bei niederer Temperatur mit 18 Aeq. Wasser. Dieses Salz kommt in der Natur vor und hat den Namen Haarsalz.

b) Alaun. Mit schwefelsaurem Kali, Natron oder Ammoniak bildet das vorige Salz gut in regulären Octaedern krystallisirende Doppelsalze, welche den Namen Alaune führen und dargestellt werden durch Vermischen der Lösungen von schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali, Natron oder Ammoniak. Die Formeln dieser Salze sind folgende:

$Al_2O_3 3SO_3 + KO SO_3 + 24HO$ Kalialaun
$Al_2O_3 3SO_3 + NaO SO_3 + 24HO$ Natronalaun
$Al_2O_3 3SO_3 + NH_4OSO_3 + 24HO$ Ammoniakalaun.

Kali- und Ammoniakalaun sind in Wasser ziemlich schwer löslich und deshalb leicht rein zu erhalten, während Natronalaun sich leicht in Wasser auflöst. Die wichtigste dieser Verbindungen ist der Kalialaun, der denn auch im Grossen dargestellt wird. Am reinsten ist das in Würfeln krystallisirte und deshalb cubischer Alaun genannte Salz. Es hat dieselbe Zusammensetzung wie der octaëdrische Kalialaun, und krystallisirt aus einer gesättigten Lösung von gewöhnlichem Alaun, welche man mit etwas kohlensaurem Kali versetzt und bis zur Auflösung des entstandenen Niederschlags gekocht hat, beim Erkalten aus. Dieser Alaun ist sicher vollständig eisenfrei, während der octaëdrische Alaun leicht etwas Eisen, herkommend von dem etwaigen Eisengehalt des Thones, enthalten kann. Wir werden bei den Chrom-, Mangan- und Eisenverbindungen noch eine Anzahl ganz analog zusammengesetzter Verbindungen kennen lernen, welche die gleiche Krystallform besitzen. Wir wollen hier nur auf den Umstand aufmerksam machen, dass die genannten Verbindungen bei analoger Formel und dem gleichen Krystallwassergehalt von 24 Aeq. die gleiche Krystallgestalt zeigen. Man nennt solche Verbindungen isomorph (von ἰσος, gleich und μορφη, Gestalt). Die ganze Gruppe von Verbindungen, welche also neben den Thonerde- auch die Chrom-, Mangan- und Eisenverbindungen umfasst, nennt man die Alaune.

Der Kalialaun besitzt anfänglich einen etwas süsslichen, bald aber zusammenziehenden Geschmack. Beim Erhitzen schmilzt er, verliert sein Wasser, und bildet dann den sogen. gebrannten Alaun, welcher in der Medicin Anwendung findet. Beim starken Glühen verliert er Schwefelsäure, als schweflige Säure und Sauerstoff, im Knallgasgebläse verdampft schliesslich auch das schwefel-

saure Kali und die zurückbleibende Thonerde schmilzt. Beim Erkalten erstarrt diese krystallinisch.

c) Kieselsaure Thonerde kommt in der Natur in sehr verschiedenen Formen und verschiedenen Zusammensetzungen vor, und ist wahrscheinlich durch Verwitterung der, complicirter zusammengesetzten, Urgesteine entstanden.

d) Chloraluminium, Al_2Cl_3. Löst man Thonerde in Salzsäure auf, und lässt die Lösung langsam verdunsten, so erhält man Krystalle von der Formel $Al_2Cl_3 + 12HO$. Aus dieser Verbindung lässt sich das Wasser durch Erhitzen nicht austreiben, ohne dass gleichzeitig alles Chlor als Salzsäure entweicht, während Thonerde zurückbleibt nach der Gleichung:

$$(Al_2Cl_3 + 12HO) = 9HO + 3HCl + Al_2O_3.$$

Um das wasserfreie Chloraluminium darzustellen, leitet man trocknes Chlorgas über eine zum Glühen erhitzte, möglichst innige Mischung von Thonerde mit Kohle, welche sich in einer Porzellanröhre befindet, und trägt dafür Sorge, dass sich das gebildete Chloraluminium, welches leicht flüchtig ist, in einer gut abgekühlten Vorlage verdichten kann. Das so erhaltene Chloraluminium bildet gelblichweisse, krystallinische Plättchen.

4. Vorkommen des Aluminiums in der Natur.

In gediegenem Zustande findet sich das Aluminium nicht in der Natur, dagegen ist es in Verbindung mit Sauerstoff in der Thonerde und deren Verbindungen ein ungemein verbreiteter Körper. Wir werden im mineralogischen Theil die einzelnen Thonerdeverbindungen ausführlicher besprechen und wollen hier nur eine Zusammenstellung der wichtigsten derselben geben. Wir haben zunächst die wasserfreie Thonerde, in amorphem Zustand als Smirgel, ferner krystallisirt als Korund, Rubin (rother Edelstein) und Saphir (Edelstein von schön blauer Farbe und vollkommen durchsichtig).

Ferner haben wir mehrere Mineralien, welche aus wasserhaltiger Thonerde bestehen, jedoch nicht immer die Zusammensetzung des Thonerdehydrats haben; dahin gehören Diaspor, Al_2O_3HO, Gibbsit und Hydrargyllit Al_2O_33HO. Von den Thonerdeverbindungen haben wir zunächst die sogenannten Aluminate, welche Verbindungen der Thonerde mit Basen sind, in denen also die Thonerde die Rolle einer Säure spielt; dahin gehören: Spinell, $MgOAl_2O_3$; Gahnit, $HnOAl_2O_3$; Pleonast, $FeOAl_2O_3$, und Chrysoberyll, $Be_2O_3Al_2O_3$ *). Diese Aluminate sind iso-

*) Be_2O_3 ist Berylliumoxyd oder Beryllerde.

morph und krystallisiren in regulären Octaëdern. Viel ausgebreiteter als diese Aluminate sind die kieselsauren Salze der Thonerde, welche in einfache Thonerdesilicate und Thonerdedoppelsilicate zerfallen. Die einfachen Thonerdesilicate kommen in sehr verschiedener Zusammensetzung vor; sie bilden einen wesentlichen Bestandtheil aller Sorten Thon, des Lehms, vieler Mineralien und Gesteinarten. Am wichtigsten von diesen Verbindungen ist der Kaolin oder die Porzellanerde, welcher nach der Formel $2Al_2O_3.3SiO_2 + 4HO$ zusammengesetzt ist. Der Kaolin ist ein sehr plastischer Thon, indem er mit Wasser einen zähen Teig, der sich kneten und formen lässt, bildet. Er fühlt sich fettig an und zeigt beim Anhauchen einen eigenthümlichen Geruch. Meist ist übrigens der Thon nicht reiner Kaolin, sondern enthält Verunreinigungen, wie kohlensauren Kalk; er wird dadurch weniger plastisch und wird dann magerer Thon genannt. Je nach ihrer Reinheit und nach ihrer Verwendung nennt man die verschiedenen Thonarten Porzellanerde, Pfeifenthon, Fayencethon, Töpferthon und Ziegelthon. Die mit viel kohlensaurem Kalk vermischten Thone heissen Mergel, Walkererde, Ockererde, Bolus und Sienische Erde.

Die Thonerdedoppelsilicate sind ebenfalls sehr verbreitet und bilden eine Reihe von Mineralien, von denen der Feldspath das Wichtigste ist. Der Feldspath enthält neben Kieselsäure und Thonerde noch Kali und ist nach der Formel $KOAl_2O_3 6SiO_2$ zusammengesetzt. Der Feldspath ist der Vertreter einer ganzen Klasse von Silicaten. Ebenso sind Glimmer, die verschiedenen Arten von Granat und die Zeolithe Thonerdedoppelsilicate, welche neben Kieselsäure und Thonerde noch Kalk, Magnesia, Eisenoxydul, Manganoxyd und Natron enthalten.

Ein weiteres interessantes Vorkommen von Thonerdeverbindungen ist das des Thones im Alaunschiefer, welcher ein mit Eisenkies vermengter Thonschiefer ist, und das der schwefelsauren Thonerde im Alaunstein oder Alunit, welcher zu Tolfa bei Civita vecchia vorkommt und nach der Formel $KOSO_3 3(Al_2O_3SO_3) + 6HO$ zusammengesetzt ist. Der Alaunstein bildet das werthvolle Material zur Darstellung des cubischen oder römischen Alauns. Eine höchst wichtige Aluminiumverbindung ist ferner der Kryolith, $Al_2Fl_3 + 3NaFl$, der neuerdings einerseits zur Darstellung der Fluorwasserstoffsäure, andererseits zur Gewinnung des metallischen Aluminiums Verwendung findet. Das Fluoraluminium bildet mit kieselsaurer Thonerde den Topas, einen werthvollen Edelstein.

5. Technische Verwendungen der Aluminiumverbindungen.

a) Alaun, Kalithonerdealaun, $Al_2O_3 3SO_3 + KOSO_3 + 24HO$, ist eine der wichtigsten Thonerdeverbindungen. Er wird im Grossen dargestellt und zwar auf dreierlei Art. Erstens aus Thon, welcher zunächst in schwefelsaure Thonerde verwandelt wird, um alsdann mit schwefelsaurem Kali Alaun zu liefern; zweitens aus Alaunschiefer (s. pag. 138), welcher beim Rösten durch Oxydation des Eisenkieses schwefelsaures Eisenoxydul und Schwefelsäure liefert, welche letztere sich sogleich mit Thonerde verbindet. Die geröstete Masse wird mit Wasser ausgelaugt und liefert so schwefelsaure Thonerde, welche in der gewöhnlichen Weise verarbeitet wird; drittens aus Alaunstein (s. pag. 138), der nur erhitzt wird, bis schweflige Säure, herrührend von der Zersetzung eines Theils Schwefelsäure, entweicht und mit Wasser aufgelöst wird. Die Lösung liefert dann direct einen reinen, eisenfreien Alaun. Behufs der Anwendung des Alauns in der Färberei ist es unerlässlich, dass derselbe eisenfrei ist. Bei der ersten Methode ist eine Verunreinigung durch Eisen leicht möglich, weil das Rohmaterial meist Eisen enthält und in noch höherem Grade ist dies bei der zweiten Methode möglich. Neuerdings wird vielfach auch Kryolith auf Alaun verarbeitet. Der Alaun verdankt seine wichtigste Anwendung, nämlich in der Färberei, der Eigenschaft der in ihm enthaltenen Thonerde, sich mit gewissen Farbstoffen zu unlöslichen Farben zu vereinigen, welche sich, wenn ihre Bildung auf dem Zeuge erfolgt, mit grosser Festigkeit mit der Gespinnstfaser verbinden, zumal sich die Thonerde selbst mit Wolle oder Baumwolle gewissermassen verbindet. In der Weissgerberei wird der Alaun ebenfalls in grosser Menge verbraucht. Aus Alaun stellt man essigsaure Thonerde dar, welche als Beize in der Baumwollfärberei und Zeugdruckerei in unreinem Zustande angewendet wird. Die Bildung der essigsauren Thonerde beruht auf der Umsetzung des Alauns mit essigsaurem Bleioxyd unter gleichzeitiger Bildung von schwefelsaurem Bleioxyd.

b) Ultramarin nennt man eine früher aus Lasurstein gewonnene, in neuerer Zeit dagegen fabrikmässig künstlich dargestellte schöne blaue Farbe, welche neben kieselsaurer Thonerde noch Natrium, Schwefel und Sauerstoff enthält. Früher stellte man das Ultramarin allein aus dem in Asien vorkommenden Lasurstein dar, den man gröblich pulverisirte, erhitzte und noch heiss in Wasser, dem man etwas Essigsäure zugesetzt hatte, tauchte. Das künstliche Ultramarin wird aus Thon (möglichst eisenfrei), Glaubersalz (schwefelsaures Natron) und Kohle dargestellt, welche mit einander gut gemischt und geglüht werden. Man erhält hier-

bei zunächst eine grüne Farbe, die aber beim Erhitzen mit Schwefel das blaue Ultramarin liefert. Die wahrscheinlichste Formel für das Ultramarin ist folgende: $4NaO.4Al_2O_3.9SiO_2 + NaS_5$. Das Ultramarin wird von Wasser nicht gelöst, von Säuren wird es unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff zersetzt und entfärbt. Es findet besonders Anwendung beim Tapetendruck, Buntpapierfabrikation und als Anstrich und Malerfarbe.

Eine sehr ausgedehnte Anwendung einer Aluminiumverbindung ist die des Thones zur Herstellung von Töpferwaaren, Steingut, Fayence und Porzellan, welche sämmtlich aus einem mehr oder weniger reinen Thon, dem man häufig etwas Feldspathpulver zusetzt, gemacht werden; ferner zur Darstellung künstlicher Cämente. Unter Cäment versteht man einen mit kohlensaurem Kalk vermischten Thon, welcher beim Glühen die Eigenschaft erhält, mit Wasser und Sand vermischt, bei Abschluss der Luft eine langsam erhärtende Masse zu bilden. Wegen ihres vorwiegenden Kalkgehaltes nennt man die gebrannte Masse hydraulischen Kalk, der also auch unter Wasser erhärten kann. Zur Darstellung eines solchen hydraulischen Kalks kann man jedes Gemisch von kohlensaurem Kalk mit einem Thonerdesilicat verwenden. In der Natur finden sich solche Gemische, welche, wie z. B. gewisse Mergelarten, nur geglüht zu werden brauchen, um direct einen guten hydraulischen Kalk zu liefern. Die Operation des Glühens ist nun nicht immer für die Darstellung eines hydraulischen Kalks nothwendig, insofern es Thonerdesilicate giebt, welche durch Salzsäure zersetzbar sind, und mit Kalkbrei gemischt, denselben direct in hydraulischen Kalk verwandeln. Dahin gehören das Puzzolane, welches bei Puzzuoli in Neapel sich findet, und der Trass, der im Brohlthal am Rhein vorkommt, ferner das Santorin von der Insel Santorin im griechischen Archipel. Die erstgenannten Cämente hat man künstliche Cämente genannt, dahin gehören Portland- und Roman-Cäment, und die letzteren, wie Puzzolane, Trass und Santorin, natürliche Cämente. Wir sehen, dass die Cämente Verbindungen sind, welche das Erhärten des Kalks oder Mörtels selbst unter Wasser ermöglichen, mit Kalk und Sand gemischt also einen sog. Wassermörtel bilden. Im Gegensatz hierzu haben wir den sog. Luftmörtel, welcher lediglich ein mit Sand vermischter Kalkbrei ist.

Während das Erhärten des Luftmörtels zwischen Steinen darauf beruht, dass das Wasser des Mörtels durch die porösen Steine aufgesaugt wird, ohne dass die Kieselsäure des Sandes irgend einen Einfluss ausübt, geschieht die Erhärtung des Wassermörtels oder hydraulischen Kalks in Folge der Bildung von Doppelsilicaten der Thonerde und des Kalks. Die natürlichen Cämente erleiden diese Zersetzung beim blossen Vermischen mit Kalk, während die

künstlichen, welche den Kalk als kohlensauren Kalk schon enthalten, durch Glühen erst aufgeschlossen werden müssen, d. h. es muss durch das Glühen die Verbindung der Kieselsäure mit der Thonerde so weit gelockert werden, dass eine Einwirkung des durch das Brennen erzeugten kaustischen Kalkes möglich ist.

6. Seltenere, in diese Gruppe gehörigen Metalle.

Eine Anzahl von zum Theil sehr seltenen Metallen haben mit dem Aluminium in ihren Verbindungsverhältnissen so grosse Uebereinstimmung, dass man sie demselben an die Seite stellt. Es sind folgende: Beryllium, Be = 70, Bestandtheil des Berylls, eines Edelsteins; Zirconium, Zr = 44,7, Bestandtheil des Hyacinths, eines Edelsteins; Cerium, Lanthan und Dydim, Bestandtheile einiger äusserst seltenen Mineralien, namentlich des Cerits, ferner Yttrium und Erbium, welche im Gadolinit von Ytterby in Schweden enthalten sind, und ausserdem noch in einigen andern seltenen Mineralien, zum Theil in sehr geringer Menge, vorkommen; schliesslich Thorium, ein Bestandtheil des Thorits.

B. Schwere Metalle.

IV. Gruppe des Eisens.

1.	Eisen	Fe	= 28	Mangan	Mn	= 27
	Chrom	Cr	= 26	Uran	U	= 60
	Cobalt	Co	= 30	Nickel	Ni	= 29
	Zink	Zn	= 32,5	Kadmium	Cd	= 56.

Diese Metalle können durch Erhitzen ihrer Oxyde mit Kohle dargestellt werden; sie werden übrigens hierbei nur schwierig rein erhalten, da sie leicht mit Kohlenstoff Legirungen oder Verbindungen bilden, welche denn hier entstehen. Das Uran stellt man durch Erhitzen seiner Chlorverbindung mit Kalium dar. Die Oxyde der meisten Metalle dieser Gruppe lassen sich auch durch Wasserstoff reduciren und erhält man hierbei die reinen Metalle.

a) Das Eisen, welches in der Technik Verwendung findet, ist niemals rein, sondern mit wechselnden Mengen Kohlenstoff legirt oder verbunden. Man erhält es rein, indem man reines Eisenoxyd in einer Porzellanröhre stark erhitzt, während man Wasserstoffgas darüber leitet; es bedecken sich dabei die Wände der Röhre immer mit einer glänzenden Schicht von metallischem Eisen. Hat man bei dieser Reduction keine sehr hohe Temperatur angewandt, so erhält man Eisen in so fein zertheiltem Zustande, dass es sich augenblicklich entzündet, sobald es mit Luft in Berührung kommt. Auch einfach Chloreisen, Eisenchlorür, FeCl, lässt sich durch Wasserstoff reduciren und man erhält hierbei das Eisen in compaktem Zustande, oft schön in Würfeln krystallisirt. Das reine Eisen erleidet keine Anwendung. Das Eisen lässt sich an trockner Luft unverändert aufbewahren, überzieht sich dagegen in feuchter Luft bald mit einer Oxydschicht, d. h. es rostet. Von verdünnten Säuren wird das Eisen mit Leichtigkeit unter Wasserstoffentwicklung und Bildung von Eisenoxydulverbindungen gelöst.

b) Nickel wird als ein grauweisses Metall beim Glühen von oxalsaurem Nickeloxydul erhalten. Das Kohlenoxyd, welches sich bei der Zersetzung der Oxalsäure bildet, reducirt das Nickeloxydul zu Metall. Auch beim Glühen von Nickeloxydul im Wasser-

stoffstrom erhält man metallisches Nickel. Das Nickel ist in seinen chemischen Eigenschaften dem reinen Eisen sehr nahestehend. Es kann wie das Eisen magnetisch gemacht werden. Das Nickel kommt meist in Würfeln gegossen in den Handel.

c) Zink gewinnt man aus Zinkoxyd durch Erhitzen mit Kohlenstoff als ein hellgrauweisses, glänzendes Metall, welches einen krystallinischen Bruch zeigt, ziemlich spröde ist, sich dagegen leicht zu Blech auswalzen lässt. Das Zink reiht sich in seinem chemischen Verhalten den beiden vorigen Metallen an. Wenn man jedoch ein Stück Metall, welches zum Theil aus Eisen, zum Theil aus Zink besteht, in angesäuertes Wasser bringt, so wird zuerst das Zink angegriffen. Bei gewöhnlicher Temperatur ist das Zink durchaus ohne Einwirkung auf das Wasser; befindet es sich dagegen in sehr fein zertheiltem Zustand, so zersetzt es das Wasser schon in der Siedehitze, wenn auch langsam. In der Rothglühhitze verbrennt das Zink mit bläulicher Flamme, nachdem es vor dem Glühen geschmolzen ist. Bei der Verbrennung entstehen dicke weisse Dämpfe von Zinkoxyd.

2. Eisenverbindungen.

a) Sauerstoffverbindungen. Das Eisen bildet mit Sauerstoff folgende wichtige Verbindungen: FeO, Eisenoxydul; Fe_2O_3 Eisenoxyd und Fe_3O_4, Eisenoxyduloxyd; ferner haben wir noch als unwichtiger die Eisensäure, FeO_3.

Das Eisenoxydul ist noch nicht in völlig reinem Zustande dargestellt worden; mit etwas metallischem Eisen vermischt, erhält man es beim Erhitzen von oxalsaurem Eisenoxydul. Mit 1 Aeq. Wasser in Verbindung, als $FeOHO$, Eisenoxydulhydrat, bildet es eine starke Base, welche in Form eines weissen, ungemein leicht oxydirbaren, an der Luft fast augenblicklich sich grün bis schmutzigbraun färbenden Niederschlags erhalten wird, wenn man eine Lösung von Eisenvitriol mit Kalilauge zusammenbringt. Es ist ungemein schwierig, das Eisenoxydulhydrat in reinem Zustande zu sammeln, weil es sich so leicht oxydirt, dass es in der Siedehitze sogar das Wasser zersetzt. Bei seiner Oxydation verwandelt es sich in Eisenoxyduloxyd.

Weitaus beständiger ist das Eisenoxyd, welches durch Glühen von Eisenvitriol erhalten wird. Der Eisenvitriol giebt zunächst seine Schwefelsäure ab, welche zum Theil als solche entweicht, zum Theil aber unter Abgabe von Sauerstoff zersetzt wird, wobei schweflige Säure entsteht, während sich der Sauerstoff mit dem Eisenoxydul des Eisenvitriols zu Eisenoxyd verbindet. Mit 3 Aeq. Wasser bildet das Eisenoxyd eine starke Base, das Eisenoxydhydrat, Fe_2O_33HO, welche aus Eisenchloridlösung durch

Kali- oder Natronlauge oder Ammoniak als rothbrauner, flockiger Niederschlag gefällt wird. Das Eisenoxydhydrat ist sehr beständig, insofern es sich nicht leicht höher oxydirt, und erst beim Glühen sein Wasser abgiebt, wobei es Eisenoxyd liefert. Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat finden sich in der Natur.

Das Eisenoxyduloxyd wird erhalten beim Verbrennen von metallischem Eisen. Der Eisenhammerschlag, welcher sich auf den eisernen Oefen nach längerem Gebrauch ansetzt, besteht wesentlich aus diesem Körper. Aethiops martialis ist ein Gemenge von Eisenoxydul und Eisenoxyd. Wichtig ist das Vorkommen desselben in der Natur; es bildet den sog. Magneteisenstein.

b) Eisenoxydulsalze. Löst man Eisen in Schwefelsäure oder Salzsäure auf, so erhält man Eisenoxydulsalze, welche, um rein erhalten zu werden, vor Sauerstoff geschützt werden müssen, da sie sich andernfalls mehr oder weniger leicht oxydiren würden. Das schwefelsaure Eisenoxydul, $FeOSO_3$, krystallisirt leicht aus seiner wässerigen Lösung in grünen, 7 Aeq. Wasser enthaltenden, monoklinometrischen Formen. Durch Erhitzen lässt sich ihm sämmtliches Wasser entziehen; (bei 100° C. 6 Aeq., bei höherer Temperatur auch das letzte Aeq.). Es hinterbleibt ein weisses, wasserfreies Salz. Das schwefelsaure Eisenoxydul hat den Namen Eisenvitriol oder grüner Vitriol erhalten. Es löst sich in Wasser leicht zu einer schwach grün gefärbten Flüssigkeit, die beim Stehen an der Luft einen braunen Bodensatz von Eisenoxyd giebt.

Durch Fällung einer Lösung von Eisenvitriol oder eines andern löslichen Eisenoxydulsalzes mit kohlensauren Alkalien erhält man einen weissen, leicht oxydirbaren Niederschlag von kohlensaurem Eisenoxydul, $FeOCO_2$, welcher in kohlensäurehaltigem Wasser löslich ist. Das kohlensaure Eisenoxydul findet sich in der Natur und bildet den Spatheisenstein, eines der wichtigsten Eisenerze, auch findet es sich in manchen kohlensäurehaltigen Wässern gelöst. Aus solchen Wässern setzt sich beim Stehen ein brauner Bodensatz ab, der daher rührt, dass Kohlensäure entweicht und kohlensaures Eisenoxydul niedergeschlagen wird, welches dann zu Eisenoxyduloxyd oxydirt wird.

Löst man Eisen in wässeriger Salzsäure auf und bewahrt die Auflösung gut vor Sauerstoff, so kann man beim Verdunsten grüne Krystalle von der Formel $FeCl + 4HO$, d. i. Eisenchlorür, erhalten. Leitet man dagegen trockenes Salzsäuregas über metallisches Eisen, welches man in einer Röhre erhitzt, so bildet sich weisses wasserfreies Eisenchlorür.

c) Eisenoxydsalze. Die Eisenoxydsalze sind analog den Thonerdesalzen zusammengesetzt, und erhält man die Formeln derselben, wenn man in den pag. 135 gegebenen Formeln der Thonerde-

salze statt Al, Fe setzt. Durch Oxydation lassen sich die Eisenoxydsalze leicht aus den entsprechenden Oxydulsalzen darstellen.

So entsteht das schwefelsaure Eisenoxyd $Fe_2O_33SO_3$, durch Oxydation von Eisenvitriol in wässeriger Lösung mit Salpetersäure nach folgender Gleichung:

$$6FeOSO_3 + 3SO_3HO + NO_5HO = NO_2 + 4HO + 3Fe_2O_33SO_3.$$

Mit schwefelsaurem Kali giebt das schwefelsaure Eisenoxyd ein dem Alaun isomorphes Doppelsalz von der Formel: $Fe_2O_3 3SO_3 + KOSO_3 + 24HO$, welches in farblosen Octaëdern krystallisirt. Eine analoge Verbindung entsteht mit schwefelsaurem Ammoniak.

Leitet man trocknes Chlorgas über erhitztes metallisches Eisen, so erhält man ein Sublimat von dunklen Eisenchloridkrystallen Fe_2Cl_3. Auf nassem Wege erhält man beim Auflösen von Eisenoxyd in Salzsäure oder beim Einleiten von Chlor in eine wässerige Lösung von Eisenchlorür, die Verbindung $Fe_2Cl_3 + 12HO$, welche dunkelbraune, nadelförmige Krystalle bildet. Beim Erhitzen zersetzt sich diese Verbindung, analog wie das wasserhaltige Chloraluminium, pag. 137, und es bildet sich Eisenoxyd, welches in Form dunkler krystallinischer Blättchen zurückbleibt, während Wasser und Salzsäure entweichen.

Mit Phosphorsäure bildet das Eisenoxyd mehrere Salze. Das Eisenoxydsalz der dreibasischen Phosphorsäure wird als gelblich weisser Niederschlag erhalten, wenn man Eisenchloridlösung mit der Auflösung von gewöhnlichem phosphorsaurem Natron vermischt. Die Verbindung hat die Formel: $Fe_2O_3PO_5 + 4HO$. Das pyrophosphorsaure Eisenoxyd, $2Fe_2O_3.3PO_5 + 9HO$ erhält man durch Fällung von Eisenchloridlösung durch eine Auflösung von pyrophosphorsaurem Natron. Dieses Salz ist löslich in pyrophosphorsaurem Natron und bildet damit ein Doppelsalz von der Formel: $2Fe_2O_3.3PO_5 + 2(2NaO.PO_5) + 7HO$, welches in der Medicin Anwendung gefunden hat.

d) Schwefelverbindungen des Eisens. Durch Zusammenschmelzen von Eisen und Schwefel erhält man das Eisensulfür, FeS, welches auch auf nassem Wege durch Fällung von Eisenoxyd oder Oxydulsalzen mit Schwefelammonium dargestellt werden kann. Das geschmolzene Schwefeleisen ist eine graue Masse, während das gefällte einen schwarzen, in feuchtem Zustande oxydirbaren Niederschlag darstellt, der sich nach folgenden beiden Gleichungen bildet:

$$FeOSO_3 + NH_4S = FeS + NH_4OSO_3.$$
$$Fe_2O_33SO_3 + 3NH_4S = 2FeS + 3NH_4OSO_3 + S$$

Es ist hierbei wichtig, dass Eisenoxydsalze unter Abscheidung von Schwefel zersetzt werden, während sich eine den Eisenoxydul-

salzen entsprechende Schwefelverbindung bildet. Säuren lösen das Eisensulfür unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff auf.

Der in der Natur vorkommende Eisenkies, FeS_2, ist sehr verbreitet und bildet häufig goldgelbe, wohlausgebildete Krystalle. Künstlich kann man das zweifach Schwefeleisen durch Erhitzen von FeS mit S, bis der überschüssige Schwefel verdampft ist, darstellen. Beim starken Erhitzen giebt der Eisenkies oder Schwefelkies Schwefel ab, und es hinterbleibt die Verbindung Fe_7S_8, der sog. Magnetkies, der ebenfalls in der Natur vorkommt, und durch weiteres Erhitzen in einfach Schwefeleisen verwandelt werden kann. Salzsäure greift den Eisenkies nicht an.

3. Manganverbindungen.

a) Sauerstoffverbindungen. Das Mangan bildet mit Sauerstoff sechs verschiedene Verbindungen: Manganoxydul, MnO; Manganoxyd, Mn_2O_3; Manganoxyduloxyd, Mn_3O_4; Manganhyperoxyd, MnO_2; Mangansäureanhydrid, MnO_3 und Uebermangansäureanhydrid, Mn_2O_7. Von diesen Verbindungen ist nur das Manganhyperoxyd wichtig, während die Andern theils nur in Verbindungen bekannt sind, theils so untergeordnete Wichtigkeit haben, dass wir sie hier um so weniger speziell beschreiben, weil sie, in Bezug auf Darstellungsweise sowohl, wie Eigenschaften mit den entsprechenden Eisenverbindungen die grösste Aehnlichkeit besitzen. So entspricht das Manganoxydul dem Eisenoxydul, das Manganoxyd dem Eisenoxyd u. s. w. Wie die erwähnten Eisenverbindungen z. Th. mit Wasser in Verbindung starke Basen bilden, so finden wir auch in dem Manganoxydulhydrat, MnOHO, eine starke Base, die in ihrem Verhalten dem Eisenoxydulhydrat so ähnlich ist, wie die wasserfreien Oxyde. Wie das Eisen eine Eisensäure, so giebt das Mangan eine Mangansäure, welche in analoger Weise entsteht. Da die Säuren des Mangans wichtig sind, so wollen wir dieselben etwas näher betrachten.

Manganhyperoxyd. MnO_2 ist der wesentlichste Bestandtheil des in der Natur ziemlich verbreiteten Minerals Braunstein. In Verbindung mit 1 Aeq. Wasser kann das Manganhyperoxyd erhalten werden durch Zersetzung der freien Uebermangansäure, wie bei dieser gezeigt werden soll. Eine Verbindung von der Formel $2MnO_2.HO$ wird als ein schwarzer, pulveriger Niederschlag erhalten, beim Einleiten von Chlorgas in eine Auflösung von Manganoxydul.

Mangansäureanhydrid, MnO_3, ist nur in Verbindung mit Basen bekannt. Das mangansaure Kali, $KOMnO_3$, bildet einen grünen Körper, der in Wasser ungemein leicht und unter Zersetzung löslich ist. Er entsteht beim Schmelzen irgend einer

Manganverbindung mit kohlensaurem Kali und Salpeter. Löst man die grüne Schmelze in sehr concentrirter Kalilauge auf, so erhält man eine tief grüne Lösung, welche beim langsamen Verdunsten grüne Krystalle von mangansaurem Kali liefert. Löst man dagegen in reinem Wasser auf, so erhält man anfänglich auch eine grüne Lösung, die sich aber mit grosser Schnelligkeit in Folge von Zersetzung violett färbt. Es bildet sich alsdann übermangansaures Kali, $KOMn_2O_7$, nach der Gleichung:

$$3KOMnO_3 + 3HO = KOMn_2O_7 + MnO_2HO + 2KOHO.$$

Es scheidet sich also Manganhyperoxyd ab und Kalihydrat wird frei. Setzt man eine Säure zu, welches dieses letztere neutralisirt, so ist die Zersetzung rascher und vollständiger.

Direct stellt man das übermangansaure Kali durch schwaches Glühen von Braunstein mit Kalihydrat und chlorsaurem Kali dar. Aus der violetten Auflösung der rothen Schmelze erhält man beim Abdampfen fast schwarze Krystalle von übermangansaurem Kali. Aus übermangansaurem Baryt wird durch vorsichtigen Zusatz von Schwefelsäure die Uebermangansäure abgeschieden; während nämlich schwefelsaurer Baryt niederfällt, bleibt die Uebermangansäure mit rother Farbe gelöst. Die freie Uebermangansäure hat die Formel Mn_2O_7HO, ist demnach eine einbasische Säure. Man kann ihr das Wasser nicht entziehen, ohne sie zu zerstören. Trägt man dagegen festes übermangansaures Kali in concentrirte Schwefelsäure ein, so erhält man eine dunkelrothe Flüssigkeit, welche die wasserfreie Uebermangansäure ist. Letztere ist noch leichter zersetzbar als erstere, indem sie sich schon bei gewöhnlicher Temperatur zu zersetzen beginnt, während die Uebermangansäure selbst erst beim Erwärmen ihrer Lösung eine Zersetzung erleidet, die sich durch folgende Gleichung ausdrücken lässt:

$$Mn_2O_7HO + HO = 2MnO_2HO + O_3.$$

Die freie Uebermangansäure sowohl, wie das übermangansaure Kali sind Oxydationsmittel, wie sich einerseits aus der letzten Gleichung ergiebt, andrerseits daraus, dass sich beim Erwärmen einer alkalischen Lösung von übermangansaurem Kali Sauerstoff entwickelt, während die Flüssigkeit grün wird. Es findet dabei eine Zersetzung nach folgender Gleichung statt:

$$KOMn_2O_7 + KOHO = 2KOMnO_3 + HO + O.$$

Ist nun im einen oder andern Fall eine oxydirbare Substanz zugegen, so wird der freiwerdende Sauerstoff sich mit derselben verbinden oder sie zersetzen. Das mangansaure Kali hat den Namen mineralisches Chamäleon erhalten, wegen der leichten Veränderlichkeit seiner Farbe. Eine sog. Chamäleonlösung ist die Auflösung von übermangansaurem Kali. Sehr häufig wird diese auch Permanganatlösung genannt.

b) Manganoxydulsalze. Das schwefelsaure Mangan-

oxydul, $MnOSO_3$, wird dargestellt durch Erhitzen von Braunstein mit concentrirter Schwefelsäure, wobei als Nebenproduct Sauerstoffgas erhalten wird. Aus seiner wässerigen Lösung krystallisirt das Salz je nach der Temperatur mit verschiedenem Krystallwassergehalt. Scheidet es sich bei gewöhnlicher Temperatur aus, so enthält es 5 Aeq. Wasser, während bei niederer Temperatur 7 Aeq. damit verbunden bleiben und bei hoher Temperatur das Salz wasserfrei erhalten wird. Die Krystalle sind rosaroth und lösen sich in Wasser zu einer sehr schwach röthlich gefärbten Flüssigkeit auf.

Das kohlensaure Manganoxydul, $MnOCO_2$, ist in Wasser unlöslich und wird als weisser Niederschlag erhalten beim Vermischen der Lösungen von schwefelsaurem Manganoxydul und kohlensaurem Natron oder Kali.

Beim Auflösen von Braunstein oder einer anderen Mangansauerstoffverbindung in Salzsäure entwickelt sich Chlorgas und die Lösung enthält Chlormangan, MnCl (Manganoxydul und Manganoxydulhydrat lösen sich ohne Chlorentwickelung). Nach dem Filtriren und Verdampfen kann man rosarothe Krystalle von der Formel $MnCl + 4HO$ erhalten, die in Wasser ungemein leicht löslich sind.

Die Manganoxydulsalze sind den Eisenoxydulsalzen analog zusammengesetzt und zeigen manche Aehnlichkeit, unterscheiden sich jedoch wesentlich dadurch, dass sie nicht leicht oxydirbar sind. Während z. B. Eisenvitriol beim blossen Liegen an der Luft sich oxydirt, wobei er braun wird, bleibt schwefelsaures Manganoxydul unverändert; während beim Eisen die Oxydsalze die beständigeren sind, sind es beim Mangan die Oxydulsalze.

c) Die Manganoxydsalze bilden wie die Thonerde und Eisenoxydsalze, denen sie analog zusammengesetzt sind, mit schwefelsauren Alkalien Alaune, die man Manganalaune nennt.

d) Schwefelmangan, MnS, wird als fleischfarbiger Niederschlag erhalten, beim Vermischen der Lösung eines Manganoxydulsalzes mit Schwefelammonium. Es ist in Salzsäure unter Schwefelwasserstoffentwicklung löslich.

4. Chromverbindungen.

a) Sauerstoffverbindungen. Das Chrom bildet mit Sauerstoff mehrere Verbindungen, von denen das Chromsäureanhydrid, CrO_3, und das Chromoxyd, Cr_2O_3, besonders wichtig sind.

Das Chromsäureanhydrid erhält man in rothen, in Wasser ungemein leicht mit gelber Farbe löslichen Nadeln, wenn man eine concentrirte Lösung von saurem chromsaurem Kali mit concentrirter Schwefelsäure vermischt. Das Chromsäureanhydrid ist

ein starkes Oxydationsmittel, da es einen Theil seines Sauerstoffs leicht abgiebt, während sich Chromoxyd bildet, nach der Gleichung:

$$2CrO_3 = Cr_2O_3 + O_3.$$

Die Chromsäure, welche dem genannten Anhydrid entspricht, ist noch nicht bekannt. Man kennt jedoch eine Reihe ihrer Salze. Mit Kali bildet sie zwei Salze, ein neutrales chromsaures Kali, $KOCrO_3$, welches in schönen gelben Krystallen erhalten werden kann und sich mit sehr intensiv gelber Farbe in Wasser löst; und ein saures chromsaures Kali, $KO2CrO_3$, das sich in rothen Krystallen aus seiner Lösung abscheidet. Die Darstellung des letzteren Salzes, welches im Handel vorkommt, ist folgende: Der in der Natur vorkommende Chromeisenstein wird fein geschlemmt, mit kohlensaurem Kali und etwas Salpeter gemengt erhitzt, bis die Masse geschmolzen ist; durch Umrühren wird die Berührung mit der Luft befördert. Das in dem Chromeisenstein enthaltene Chromoxyd wird durch den Sauerstoff der Luft und des beigemengten Salpeters bei Gegenwart von kohlensaurem Kali oxydirt, und in Chromsäure verwandelt, welche mit dem Kali in Verbindung tritt. Die wässerige Lösung der erhitzten Masse enthält das neutrale Salz; man säuert mit Essigsäure an und lässt alsdann auskrystallisiren. Es scheidet sich das saure Salz ab, welches durch Umkrystallisiren gereinigt wird. Durch Neutralisation mit Kali erhält man hieraus das leichter lösliche neutrale Salz.

Die übrigen Salze der Chromsäure sind meist gelb gefärbt und fast sämmtlich unlöslich in Wasser.

Das Chromoxyd, Cr_2O_3, ist entweder ein dunkelgrünes Pulver oder es bildet kleine, reguläre, schwarze, glänzende Kryställchen. Als Pulver erhält man es durch Glühen der Base Chromoxydhydrat, $Cr_2O_3 3HO$, und beim Erhitzen der Chromsäure; in Krystallen, beim Durchleiten des Dampfes von Chromoxychlorid, CrO_2Cl, durch eine glühende Porzellanröhre, wobei es sich an der innern Wand der Röhre ansetzt. In Verbindung mit 3 Aeq. Wasser bildet es die Base Chromoxydhydrat, $Cr_2O_3 3HO$, welche als grüner, flockiger Niederschlag erhalten wird, beim Vermischen der Lösung von schwefelsaurem Chromoxyd oder Chromchlorid mit Ammoniaklösung. Das Chromoxydhydrat ist eine dreisäurige Base, bildet also Salze wie Thonerde und Eisenoxyd, kann übrigens auch als einbasische Säure auftreten und Verbindungen mit Basen bilden. Das wichtigste Chrommineral ist eine Verbindung der letzteren Art: der Chromeisenstein, enthält Eisenoxydul mit Chromoxyd verbunden und hat die Formel $FeOCr_2O_3$. Ausserdem löst sich Chromoxydhydrat in Kali- oder Natronlauge auf, indem es Verbindungen mit diesen Basen bildet.

b) Salze des Chromoxyds. Das einzig wichtige Salz des Chromoxyds ist der Chromalaun, eine Doppelverbindung

von schwefelsaurem Chromoxyd mit schwefelsaurem Kali und Wasser, nach der Formel $Cr_2O_3 3SO_3 + KOSO_3 + 24HO$, welche mit gewöhnlichem Alaun isomorph ist. Man erhält eine Lösung desselben beim gelinden Erhitzen von saurem chromsaurem Kali mit verdünnter Schwefelsäure und Alkohol, wobei durch die Chromsäure eine Oxydation des Alkohols bewirkt wird, während sich Chromoxyd bildet; die anfangs rothe Lösung wird allmählig grün und später violett. Lässt man die Lösung alsdann ein wenig verdampfen, so bilden sich leicht wohlausgebildete, violett gefärbte, reguläre Octaëder. Die Bildung des Salzes wird durch folgende Gleichung erklärt:

$$KO2CrO_3 + 4SO_3HO = (Cr_2O_3 3SO_3 + KOSO_3) + O_3.$$

Der freie Sauerstoff bewirkt die Oxydation des Alkohols. Der Chromalaun löst sich in Wasser mit violetter Farbe auf. Erhitzt man eine solche Lösung zum Sieden, so wird sie grün und giebt nachher keine Krystalle mehr. Aus dem Chromalaun lassen sich die unlöslichen Chromoxydsalze durch Fällung leicht gewinnen, während die löslichen durch Auflösung des, aus dem Chromalaun durch Ammoniak fällbaren, Chromoxydhydrats in den betreffenden Säuren gewonnen werden können oder durch Umsetzung des Chromalauns mit einem Bleioxyd- oder Baryt-Salz der betreffenden Säure, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, dass das erhaltene Chromoxydsalz durch ein Kalisalz verunreinigt ist. So kann man salpetersaures Chromoxyd, vermengt mit salpetersaurem Kali erhalten, wenn man eine Lösung von Chromalaun mit einer Auflösung von salpetersaurem Baryt vermischt. Es findet eine Umsetzung nach folgender Gleichung statt:

$$(Cr_2O_3 3SO_3 + KOSO_3) + 4BaONO_5 = Cr_2O_3 3NO_5 + KONO_5 + 4BaOSO_3,$$

wobei wir das Krystallwasser des Chromalauns als unwesentlich ausser Acht lassen. Der schwefelsaure Baryt bleibt ungelöst, während die beiden andern Salze in Lösung gehen.

c) Eine dem Chloraluminium entsprechende Chlorverbindung des Chroms erhält man in violetten, schwer sublimirbaren Krystallen auf die gleiche Weise, wie das Chloraluminium. Das **Chromchlorid**, Cr_2Cl_3, ist in Wasser nicht löslich, enthält aber das Wasser nur eine kleine Menge, etwa $^1/_{10000}$, von **Chromchlorür**, $CrCl$, so wird der Chlorid sofort unter Wärmeentwicklung zu einer grünen Flüssigkeit gelöst. Das Chromchlorür erhält man beim Ueberleiten von Wasserstoff über erhitztes Chromchlorid als weisses, in Wasser zu einer blauen Flüssigkeit lösliches Pulver.

Ein **Chromoxychlorid**, CrO_2Cl, erhält man als braunrothe Flüssigkeit bei dem Erhitzen von trocknem, saurem chromsaurem Kali mit Kochsalz und Schwefelsäure in einer Retorte, wobei die genannte Verbindung überdestillirt. Sie siedet bei

118° C. und zersetzt sich mit Wasser in Chromsäure und Salzsäure.

5. Uranverbindungen.

Das Uran bildet mit Sauerstoff das Uranoxyd, U_2O_3, und Uranoxyduloxyd, U_3O_4. Mit 3 Aeq. Wasser bildet erstere Verbindung die einsäurige Base Uranoxydhydryt, $U_2O_3 3HO$, welche als gelbes Pulver beim Kochen einer Lösung von salpetersaurem Uranoxyd mit Alkohol niederfällt; beim Erhitzen verliert dieses sein Wasser, und liefert das ziegelrothe Uranoxyd, welches beim Glühen sich in Uranoxyduloxyd verwandelt. Durch Erhitzen des Uranoxyduloxyds im Wasserstoffstrom erhält man das Uranoxydul, UO, welches mit 1 Aeq. Wasser in Verbindung die ebenfalls einsäurige Base Uranoxydulhydrat, UOHO, bildet, welche aus ihren Salzen durch Kalilauge als grüner Niederschlag gefällt wird.

Das schwefelsaure Uranoxydul, $UOSO_3$, krystallisirt mit 4 Aeq. Wasser, und wird in Form grüner Krystalle erhalten, beim Eindampfen einer Lösung von einfach Chlorun UCl mit Schwefelsäure. Löst man Uranoxydulhydrat in verdünnter Salpetersäure auf, und lässt die Lösung verdunsten, so scheiden sich aus der gelben Lösung schöne gelbe Krystalle von salpetersaurem Uranoxyd, $U_2O_3NO_5$, ab, welche 3 Aeq. Krystallwasser enthalten.

Aus den Uranoxydsalzen kann man durch Kali, Natron oder Ammoniak nicht die freie Base abscheiden. Versetzt man die Lösung von salpetersaurem Uranoxyd mit Kalilauge, so erhält man einen gelben Niederschlag von der Formel: $2U_2O_3.KO$.

Das Uranoxyduloxyd, U_3O_4, kommt als Pechblende in der Natur vor und bildet den Ausgangspunkt für die Darstellung der Uranpräparate.

6. Kobalt- und Nickelverbindungen.

Die Verbindungen von Kobalt und Nickel zeigen die grösste Uebereinstimmung, und sind beide nur durch wenige chemische Reactionen von einander unterschieden, so gross auch die äusserliche Verschiedenheit ihrer entsprechenden reinen Verbindungen ist. Die Kobaltverbindungen sind entweder roth oder blau, während die Nickelverbindungen meist grün sind. Was die Art der Zusammensetzung, die Krystallform, Löslichkeit und derartige Eigenschaften anbelangt, so finden wir die grösste Analogie, ebenso wie in der Darstellung und häufig auch in den Zersetzungen.

a) Sauerstoffverbindungen. Kobaltoxydul, CoO, (graues

Pulver) und Nickeloxydul, NiO, (grünlich graues Pulver) werden durch Glühen der kohlensauren Salze oder der Hydrate erhalten. Die Hydrate Kobaltoxydulhydrat, CoOHO, (blassrothes Pulver) und Nickeloxydulhydrat, NiOHO, (grünes Pulver) werden durch Fällung aus den schwefelsauren Salzen der Oxydulhydrate mit Kalilauge und Erhitzen zum Sieden erhalten und sind starke Basen. Beim Glühen von Kobaltoxydul an der Luft erhält man unter Sauerstoffaufnahme das Kobaltoxyduloxyd, Co_3O_4, als grauschwarzes Pulver. In Krystallen von der Form des Magneteisens erhält man diese Verbindungen beim Erhitzen des Chlorkobalts, CoCl, mit Salmiak. Nickeloxydul giebt beim gelinden Glühen eine Verbindung von der Formel Ni_2O_3, die aber bei etwas höherer Temperatur nicht beständig ist, sondern unter Sauerstoffabgabe wieder zu Nickeloxydul wird. Leitet man Chlorgas in die mit Kalilauge vermischten Lösungen der Oxydulsalze, so bilden sich schwarze Niederschläge von Kobaltoxydhydrat, $Co_2O_3 3HO$, und Nickeloxydhydrat, $Ni_2O_3 3HO$. Durch Erhitzen des salpetersauren Kobaltoxyduls kann man das wasserfreie Kobaltoxyd darstellen, während das Nickeloxyd beim Erhitzen des kohlensauren Nickeloxyduls an der Luft erhalten wird. In Salzsäure lösen sich alle diese Verbindungen, wenn auch verschieden leicht, auf, indem Chlorkobalt, CoCl, und Chlornickel, NiCl, entstehen. Mit Ausnahme von Kobaltoxydul und Nickeloxydul und den entsprechenden Hydraten lösen sich alle unter Entwicklung von Chlorgas in Salzsäure auf.

b) Salze. Nur die Oxydulhydrate geben eigentliche Salze. Die schwefelsauren Salze, schwefelsaures Kobaltoxydul, $CoOSO_3$, und schwefelsaures Nickeloxydul, $NiOSO_3$, werden entweder durch Auflösen der Metalle in verdünnter Schwefelsäure (wie schwefelsaures Nickeloxydul), oder durch Behandeln der Oxyde mit concentrirter Schwefelsäure (wie schwefelsaures Kobaltoxydul) dargestellt. Beide Salze sind in Wasser ziemlich leicht löslich und krystallisiren bei gewöhnlicher Temperatur mit 7 Aeq. Krystallwasser. Das Kobaltsalz ist roth und das Nickelsalz grün gefärbt. Die salpetersauren und salzsauren Salze (Chlorkobalt und Chlornickel) werden in der gleichen Weise dargestellt und verhalten sich ähnlich. Die kohlensauren und phosphorsauren Salze werden durch Fällung erhalten und sind in Wasser nicht, in Salzsäure dagegen leicht auflöslich. Dampft man die rothe Auflösung von Chlorkobalt zur Trockne ein, so bleibt eine blaue Masse, die ungemein hygroscopisch ist. Dieser Eigenschaft verdankt der Chlorkobalt seine Anwendung als sympathetische Tinte. Macht man mit der rosarothen verdünnten Auflösung von Chlorkobalt auf weisses Papier einige Schriftzüge, so werden dieselben so blass sein, dass man sie kaum sehen kann. Nach dem Eintrocknen

ist der wasserhaltige Chlorkobalt zurückgeblieben. Erwärmt man dieses Stück Papier, so wird der Chlorkobalt wasserfrei und nimmt eine blaue Farbe an, wodurch die Schriftzüge sichtbar werden. Nach dem Erkalten bildet sich durch Wasseranziehung das wasserhaltige Salz und die Schriftzüge verschwinden wieder.

Versetzt man die Auflösung eines Kobaltoxydulsalzes, welches mit Essigsäure angesäuert ist, mit einer Auflösung von salpetrigsaurem Kali, so entsteht bald ein gelber krystallinischer Niederschlag, und nach etwa 24 Stunden ist sämmtlicher Kobalt aus der Lösung ausgefällt, im Falle man genug salpetrigsaures Kali zugesetzt hatte. Die entstandene Verbindung hat die Formel $Co_2O_3HO2NO_3 + 3KONO_3 + HO$ und wird salpetrigsaures Kobaltoxydkali genannt. Sie entsteht nach folgender Gleichung:

$$2CoOSO_3 + \bar{A}^{*})HO + 6KONO_3 + HO = (Co_2O_3HO2NO_3 + 3KONO_3 + HO) + 2KOSO_3 + KO\bar{A} \text{ (essigsaures Kali)} + NO_2.$$

Eine analoge Nickelverbindung existirt nicht. Die Ausfällung dieser Verbindung eignet sich vortrefflich zur Trennung des Kobalts vom Nickel. Zu bemerken ist, dass, um die Ausfällung zu ermöglichen, das Vorhandensein freier Salzsäure vermieden werden muss.

Bringt man zu der Auflösung von Kobalt- oder Nickeloxydulsalzen eine Auflösung von Cyankalium,**) KCy, so entstehen Niederschläge, die sich im Ueberschuss des Cyankaliums leicht auflösen. Aus der Lösung der Nickelverbindung lassen sich beim Verdampfen Krystalle der Verbindung Nickelcyanürcyankalium, NiCy + KCy, gewinnen, während die Cobaltverbindung sich zersetzt und Kobaltidcyankalium von der Formel $Co_2Cy_3 + 3KCy$ liefert, welches sich ebenfalls in Krystallen abscheidet. Während die Lösung der Nickelverbindung durch verdünnte Säuren unter Abscheidung von Nickelcyanür, NiCy, zersetzt wird, giebt das Kobaltidcyankalium mit Säuren keine Fällung. Man benutzt diese Reaction zur Erkennung von Nickel neben Kobalt. Chlorgas zersetzt die Nickelverbindung unter Abscheidung von Nickeloxydhydrat, während Kobaltidcyankalium unverändert bleibt.

Eine eigenthümliche Klasse von Verbindungen lässt sich aus den löslichen Kobaltoxydulsalzen durch Zusatz von überschüssigem Ammoniak darstellen. Setzt man Ammoniak zu einer Lösung von Chlorkobalt, so entsteht zuerst ein Niederschlag, der sich aber leicht in weiterem Ammoniak auflöst. Beim Stehen an der Luft nimmt die Lösung Sauerstoff auf und färbt sich tief roth. Salz-

---

*) $\bar{A}$ bedeutet Essigsäure minus 1 Aeq. HO.

**) Cy ist eine Verbindung, welche C und N enthält und in der organischen Chemie beschrieben werden soll.

säure erzeugt alsdann einen rothen Niederschlag, welcher die Formel $5NH_3.Co_2Cl_3 + 2HO$ hat und Roseokobaltchlorid genannt wird. Es existiren nun noch eine Reihe ähnlicher Verbindungen, die wir hier übrigens nicht beschreiben wollen.

c) Schwefelverbindungen. Einige Schwefelverbindungen von Kobalt und Nickel finden sich in der Natur, wie Co_3S_4, Kobaltkies genannt, und CoS_2, als Bestandtheil des Glanzkobalts, welcher die Formel $CoS_2 + CoAs_2$ hat. NiS, Schwefelnickel, bildet den sog. Haarkies, und NiS_2 ist Bestandtheil des Nickelglanzes. Das einfach Schwefelkobalt, CoS, und einfach Schwefelnickel, NiS, werden durch Fällung von Kobalt- oder Nickeloxydulsalzen mit Schwefelammonium als schwarze, in Salzsäure schwer, in Salpetersäure leicht lösliche Niederschläge erhalten.

7. Zink- und Kadmiumverbindungen.

a) Sauerstoffverbindungen. Zinkoxyd, ZnO, (Zinkweiss) und Kadmiumoxyd, CdO, werden durch Glühen der Zinkoxyd- und Kadmiumoxydsalze flüchtiger Säuren erhalten. Zinkoxyd ist weiss, in der Hitze gelb, Kadmiumoxyd braun. Beide bilden in Verbindung mit 1 Aeq. Wasser Basen, welche aus den Lösungen der Salze durch Kalilauge als weisse Niederschläge gefällt werden. Beide Basen sind einsäurig.

b) Salze. Die schwefelsauren Salze $ZnOSO_3$ und $CdOSO_3$ werden erhalten durch Auflösen der Metalle oder der Oxyde in Schwefelsäure und Eindampfen der Lösung zur Krystallisation. Das schwefelsaure Zinkoxyd (Zinkvitriol) krystallisirt mit 7 Aeq. Wasser und das schwefelsaure Kadmiumoxyd mit 8 Aeq. Beide Salze sind weiss und leicht in Wasser löslich.

Die salzsauren Salze oder Chlormetalle ZnCl und CdCl werden in analoger Weise dargestellt unter Anwendung von Salzsäure. Dieselben sind leicht in Wasser löslich, krystallisirbar, schmelzbar und bei hoher Temperatur flüchtig.

Durch Fällung mit doppelt kohlensaurem Natron erhält man aus den beschriebenen Salzen die kohlensauren Salze als weisse Niederschläge. Kohlensaures Zinkoxyd, $ZnOCO_2$, findet sich in der Natur und wird Galmei oder Zinkspath genannt.

c) Schwefelzink, ZnS, ist weiss, in Säuren löslich und wird durch Fällung von Zinkvitriollösung durch Schwefelammonium dargestellt; in der Natur findet es sich und führt den Namen Zinkblende. Das Schwefelkadmium, CdS, ist gelb, in Salzsäure unlöslich und wird beim Einleiten von Schwefelwasserstoff-

gas in eine Lösung von schwefelsaurem Kadmiumoxyd erhalten. Es findet sich als Greenockit in der Natur.

8. Vorkommen der Metalle der Eisengruppe und ihrer Verbindungen in der Natur.

a) Eisen kommt gediegen in einer Art von Meteorsteinen vor; in Verbindung mit Sauerstoff, als sog. oxydisches Erz, in Form von Eisenglanz, Fe_2O_3; als Magneteisenstein, Fe_3O_4; als Brauneisenstein, Fe_2O_3HO; als Raseneisenstein, Fe_2O_33HO, welcher ausserdem noch Manganoxydhydrat, Phosphorsäure und organische Stoffe enthält; als Franklinit, Fe_2O_3ZnO; als Bohnerz, $2FeO.SiO_2$, und als Spatheisenstein, $FeOCO_2$. In Verbindung mit Schwefel findet sich das Eisen sehr verbreitet als Eisenkies, FeS_2, seltener als Magnetkies, Fe_7S_8. Ferner ist das Eisen ein Bestandtheil einer grossen Anzahl von Silicaten, in welchen es sowohl in der Oxyd- als auch namentlich in der Oxydulform enthalten ist.

b) Das Manganhyperoxyd, MnO_2, ist die wichtigste Manganverbindung, die sich in der Natur findet, und führt den Namen Pyrolusit. Das unter dem Namen Braunstein bekannte Mineral besteht fast vollständig aus Pyrolusit. Ausserdem findet sich noch Manganoxyd, Mn_2O_3, als Braunit und Manganoxydhydrat, Mn_2O_33HO, als Manganit, ferner kohlensaures Manganoxydul, $MnOCO_2$, als Manganspath.

c) Das Chrom kommt fast ausschliesslich als Chromeisenstein, Cr_2O_3FeO, in der Natur vor, ebenso

d) das Uran, hauptsächlich als Uranoxyduloxyd, als Pechblende.

e) Kobalt und Nickel begleiten einander fast immer. Ihr wichtigstes Vorkommen ist in Verbindung mit Schwefel oder Arsen in folgenden Verbindungen: Kobaltkies, Co_3S_4; Haarkies, NiS; Glanzkobalt, $CoS_2 + CoAs_2$; Nickelglanz, NiS_2+NiAs_2; Speiskobalt, $CoAs$, und Kupfernickel, Ni_2As. Der Nickel kommt ausserdem noch in Verbindung mit Eisen in den Meteorsteinen und mit Sauerstoff verbunden, ebenso wie der Kobalt in den Mineralien Nickelocker, $3NiO.AsO_5 + 8HO$ (arsensaures Nickeloxydul) und Kobaltblüthe, $3CoO.AsO_5 + 8HO$ (arsensaures Kobaltoxydul) vor. Auch schwefelsaures Kobaltoxydul findet sich, jedoch selten, in der Natur.

f) Zink kommt sowohl als Schwefelzink, ZnS, in der Zinkblende, als auch als kohlensaures Zinkoxyd, $ZnO.CO_2$, in dem Galmei vor, ebenso das Kadmium, welches als Schwefelkadmium, CdS, im Greenockit vorkommt. Das Kieselzinkerz ist kieselsaures Zinkoxyd, $2ZnO.SiO_2 + HO$, und Rothzinkerz ein durch Manganverbindungen rothgefärbtes Zinkoxyd.

9. Technische Verwendung der Metalle der Eisengruppe und ihrer Verbindungen.

a) Metallurgie des Eisens. Die Gewinnung des Eisens geschieht stets durch Reduction oxydischer Erze mit Kohle. Das vorzüglichste Material ist der Magneteisenstein, der namentlich in Schweden, und der Spatheisenstein, welcher vielfach in Steiermark zur Verwendung kommt. Der Eisenglanz dient in Sachsen und auf dem Harz hauptsächlich als Material zur Eisengewinnung. Nach einem vorbereitenden Rösten, welches den Zweck hat, einerseits etwa vorhandenes Wasser oder Kohlensäure zu entfernen, andrerseits die Erze mürber zu machen, beginnt die Ausbringung des Eisens.

Um den Prozess der Gewinnung des Eisens vollständig zu verstehen, muss man bedenken, dass geschmolzenes Eisen bei Berührung mit Kohlenstoff sich mit demselben verbindet, und dass diese Vereinigung namentlich leicht geschieht bei derjenigen Temperatur, welche man zur Gewinnung des Eisens aus Eisenerzen einhalten muss. Man wird also auf diesem Wege kein chemisch reines, fast unschmelzbares Eisen erhalten, sondern eine chemische Verbindung von Eisen mit Kohlenstoff, welche ausserdem noch Kohlenstoff gelöst enthält und sehr viel leichter schmilzt als das reine Eisen. Wollte man jedoch die Eisenerze, so wie sie zur Reduction kommen, nur mit Kohle mengen und alsdann erhitzen, so würden die einzelnen geschmolzenen Eisentheilchen sich nicht vereinigen, und man würde also das Eisen nicht abfliessen lassen können, was seinen Grund darin hat, dass die Eisenerze stets eine für sich sehr schwer schmelzbare Gangart beigemengt enthalten, welche dadurch zum Schmelzen gebracht werden muss, dass man einen sog. Zuschlag hinzufügt. Besteht die Gangart aus Quarz oder kieselsäurereichen Stoffen, so wird man Kalk oder Flussspath hinzusetzen, ist dagegen die Gangart sehr reich an Basen, so wird Quarz oder Sand hinzuzusetzen sein. Der Zuschlag muss so gewählt werden, dass derselbe mit der Gangart eine Schlacke bildet, welche bei einer der Schmelztemperatur des Eisens naheliegenden Temperatur schmilzt. Das Niederschmelzen des Eisens geschieht in sog. Hohöfen, welche bei einer Höhe von 20—50 Fuss einen Hohlraum besitzen, der die Form zweier, mit ihrer Basis aufeinander gesetzter, abgestumpfter Kegel von verschiedener Höhe hat, so dass der niedrigere der beiden Kegel unten und mit seiner Abstumpfungsfläche abwärts gerichtet steht. Am Boden dieser Oefen sind noch zwei Oeffnungen, die eine zum Einblasen von Luft, die andere zum Ablassen des geschmolzenen Eisens. Die Beschickung der Oefen durch die Kohle und die mit Zuschlag vermischten Erze geschieht durch die obere

Oeffnung. Die Kohle, welche als Reductionsmittel zugesetzt ist, dient gleichzeitig als Heizmaterial und wird abwechselnd mit dem Erze schichtenweise eingetragen. Der ganze Prozess wird dadurch eingeleitet, dass man den Ofen zunächst anheizt und vollständig mit glühenden Kohlen füllt, worauf dann abwechselnd von oben die mit Zuschlag vermischten Erze und die Kohle schichtenweise eingetragen werden. Alle 12—24 Stunden wird am Boden des Ofens das niedergeschmolzene Eisen abgelassen und die Schlacke herausgeschafft. In dem Maasse als unten Eisen und Schlacke abgeführt wird, kann oben wieder neues Erz und Kohle zugeführt werden, so dass der Ofen beständig in Gang bleibt, bis er unbrauchbar wird. Das Ganze nennt man die Campagne, welche oft mehrere Jahre dauert. Die angewendeten Kohlen sind entweder Holzkohlen oder Coaks. Der chemische Prozess und die Bedingungen für sein Zustandekommen sind folgende: In der untersten Stelle des Hohofens befinden sich glühende Kohlen, welche durch die Gebläseluft mit überschüssigem Sauerstoff zusammengebracht werden, in Folge dessen sie zu Kohlensäure verbrennen; diese Kohlensäure steigt im Ofen in die Höhe und wird durch weitere Kohle zu Kohlenoxyd reducirt. Das Kohlenoxyd kommt dann schliesslich mit den Eisenerzen zusammen und reducirt dieselben zu Metall, indem es selbst wieder zu Kohlensäure wird, welche ihrerseits nochmals zu Kohlenoxyd reducirt wird, um als solches oben aus dem Ofen auszutreten, nachdem es noch die oben aufgeschichteten Erze und Kohlen vorgewärmt hat. Das reducirte Eisen sinkt unter und kommt mit glühenden Kohlen zusammen, verbindet sich mit diesen, schmilzt und sammelt sich schliesslich flüssig am Boden des Ofens an. Die Gangart wird gleichzeitig mit dem Zuschlag Schlacke gebildet haben, welche auf dem flüssigen Eisen oben aufschwimmt. Dass übrigens noch andere chemische Prozesse im Hohofen verlaufen, geht aus dem Auftreten einer Reihe von anderen Verbindungen hervor. So findet sich in den Hohöfen eine Verbindung, welche Titan, Stickstoff und Kohlenstoff enthält; ausserdem Cyankalium, ein sehr häufiges Hohofenproduct. Die Gase, welche zur oberen Oeffnung ausströmen, enthalten ziemlich bedeutende Mengen von Ammoniak. Es scheint, dass der Stickstoff dieser Verbindungen bei dem Hohofenprocesse eine grössere Rolle spielt, als die einer zufälligen Beimengung. Das auf diese Weise gewonnene Eisen wird Gusseisen oder Roheisen genannt, und hat je nach seiner Abstammung und dem Verlauf des Prozesses etwas abweichende Eigenschaften. Das hellere Roheisen (Spiegeleisen) enthält etwa 4—5% Kohlenstoff chemisch gebunden, während das dunklere nur etwa 1—2% gebundenen und 1,5—3,5% mechanisch beigemengten Kohlenstoff enthält.

Durch einen Entkohlungsprocess wird aus dem Gusseisen entweder Stahl (nach Bessemer's Verfahren) oder Stabeisen (Schmiedeeisen) dargestellt. Dieser Entkohlungsprocess ist lediglich ein oxydirendes Schmelzen des Roheisens unter Zusatz eines schlackebildenden Körpers. Den Process der Darstellung von Stabeisen nennt man den Frisch- oder Puddlingsprozess. Stabeisen enthält noch 0,25—0,85 % chemisch gebundenen Kohlenstoff, und Stahl steht in Bezug auf seinen Kohlenstoffgehalt in der Mitte zwischen Roheisen und Stabeisen. Er kann daher auch aus dem Stabeisen dargestellt werden, indem man diesem Kohlenstoff zuführt. Die Eigenschaften dieser drei Eisensorten sind folgende: Das Roheisen schmilzt am leichtesten, ist ferner so weich, um gedreht und gefeilt werden zu können. Das Stabeisen schmilzt sehr schwer, ist schmiedbar und lässt sich schweissen; es lässt sich feilen und ist so elastisch, dass es sich zu Draht ausziehen lässt. Der Stahl vereinigt mehrere werthvolle Eigenschaften des Roheisens und Stabeisens, indem er neben seiner Schmelzbarkeit auch noch schweissbar ist und elastisch genug, um sich zu Draht ausziehen zu lassen.

Die meisten Eisensorten des Handels sind nicht völlig reines Kohlenstoffeisen, sondern enthalten neben einigen anderen Metallen häufig noch Phosphor, Schwefel und Silicium, wodurch ihre physikalischen Eigenschaften wesentlich beeinflusst werden. Die hier genannten Metalloide verbinden sich mit Eisen chemisch, ebenso wie der Kohlenstoff.

b) Eisenvitriol wird vorwiegend in der Färberei verwandt, zum Hervorbringen von Schwarz; ferner bei der Gewinnung des Indigos, sowie als Desinfectionsmittel, und als Material zur Darstellung der rauchenden Schwefelsäure. Er wird im Grossen hauptsächlich aus dem Eisenkies dargestellt, welcher, nachdem durch Erhitzen ein Aeq. Schwefel ausgetrieben ist, beim Liegen an der Luft verwittert, indem sich Eisenvitriol bildet.

c) Manganverbindungen. Der Braunstein ist die wichtigste Manganverbindung, welche in der Technik Verwendung findet. Er wird hauptsächlich zur Chlorbereitung verwendet, und es richtet sich daher der Werth eines Braunsteins nach der Menge von Sauerstoff, welche er mehr enthält als das Manganoxydul. Wie das Manganhyperoxyd, so geben alle Sauerstoffverbindungen des Mangans, mit Ausnahme des Oxyduls, beim Auflösen in Salzsäure Chlorgas; sie unterscheiden sich nur durch die Menge des Chlors, die sich aus der gleichen Menge Salzsäure abscheiden lässt, wie aus folgenden Gleichungen ersichtlich:

$$MnO + HCl = MnCl + HO$$
$$Mn_3O_4 + 4HCl = 3MnCl + 4HO + Cl$$

$$Mn_2O_3 + 3HCl = 2MnCl + 3HO + Cl$$
$$Mn\,O_2 + 2HCl = MnCl + 2HO + Cl.$$

Es geht aus diesen Gleichungen hervor, dass ein solcher Braunstein am vortheilhaftesten ist, der möglichst viel Manganhyperoxyd enthält. Man bestimmt den Werth eines Braunsteins, indem man die durch denselben abscheidbare Chlormenge misst, was nach verschiedenen Methoden geschehen kann, oder indem man ermittelt. eine wie grosse Menge von Oxalsäure durch eine abgewogene Menge von Braunstein zu Kohlensäure oxydirt werden kann.

Der Braunstein wird ferner zur Darstellung von übermangansaurem Kali gebraucht, welches in neuerer Zeit als Desinfectionsmittel ausgedehnte Anwendung findet.

d) Chromverbindungen. Das saure chromsaure Kali wird als Oxydationsmittel sehr vielfach, neuerdings auch in der Technik verwendet, so z. B. bei der Darstellung vieler organischer Verbindungen. Als Farbematerial wird das chromsaure Bleioxyd, $PbOCrO_3$, Chromgelb, in grösserer Menge verwendet. Man stellt das Chromgelb dar, durch Vermischen der Lösungen von essigsaurem Bleioxyd und saurem chromsaurem Kali, wobei sich das chromsaure Bleioxyd als gelber Niederschlag ausscheidet. Durch Auswaschen wird der Niederschlag von der Lösung des essigsauren Kalis und der freien Essigsäure befreit. Das Chromgelb dient als Anstrich- und Malerfarbe. Durch Entziehung von Chromsäure aus dem Chromgelb kann man basisch chromsaures Bleioxyd, $2PbO.CrO_3$, darstellen, welches krystallinisch erhalten werden kann und in diesem Zustand eine brillantrothe Farbe besitzt. Diese Verbindung wird das Chromroth genannnt. Das Chromoxyd wird als grüne Farbe in der Glasfabrikation und der Glas- und Porzellanmalerei gebraucht.

e) Kobaltverbindungen. Die gerösteten Kobalterze werden vielfach zur Darstellung von Farben verarbeitet. So ist die Smalte ein durch Kobalt blaugefärbtes Glas, welches in fein gemahlenem Zustande als Farbe verwendet wird. Das Kobaltultramarin ist eine blaue Farbe, welche durch Glühen von Thonerde mit einer Kobaltverbindung dargestellt wird. Glüht man Zinkoxyd mit Kobaltoxyd, so erhält man eine grüne Farbe. Alle diese Farben können nur als Anstrichfarben benutzt werden. Bei der Darstellung der gerösteten Kobalterze, der Safflore, wird die sogen. Kobaltspeise erhalten, welche wesentlich Nickel und Arsen enthält, und zur Darstellung von Nickel und Nickelverbindungen dienen kann.

f) Nickel wird lediglich als Metall zu Legirungen verwendet.

g) Metallurgie des Zinks. Zur Gewinnung des Zinks

wird sowohl Galmei, kohlensaures Zinkoxyd, als auch Zinkblende (Schwefelzink) verarbeitet; letztere, nachdem sie durch eine Röstung vollständig von Schwefel befreit und in Zinkoxyd verwandelt worden ist, ersterer, nachdem er ebenfalls durch Röstung seiner Kohlensäure beraubt worden ist. Das so erhaltene Zinkoxyd wird alsdann mit Kohle und einem Zuschlag vermischt, in thönernen Gefässen stark erhitzt. Das reducirte Zink destillirt über und wird in Vorlagen aufgesammelt. Der chemische Process der Zinkgewinnung ist äusserst einfach, indem er in einer Reduction von Zinkoxyd durch Kohlenstoff besteht, während der Zuschlag nur den Zweck hat, mit der Gangart des Zinkerzes eine Schlacke zu bilden, welche in den Destillationsgefässen zurückbleibt. Die praktische Ausführung der Zinkdestillation ist an verschiedenen Orten sehr verschieden. Es kann hier zugleich bemerkt werden, dass die zuerst entstehenden Zinkdämpfe wieder zu Oxyd verbrennen, welches sich in den Destillationsröhren ansetzt. Dieses Oxyd enthält das in den Zinkerzen häufig vorkommende Kadmium zum grössten Theil und wird zur Darstellung dieses Metalls und seiner Verbindungen verarbeitet.

Das Zink ist in reinem Zustande und bei gewöhnlicher Temperatur sehr spröde, wird aber schon bei 100° C. sehr geschmeidig und lässt sich leicht auswalzen. Das Zinkblech behält die Geschmeidigkeit beim Erkalten. Bei 200° C. dagegen ist das Zink wieder sehr spröde. Das käufliche Zink ist nicht ganz rein, sondern enthält noch geringe Mengen von Eisen und häufig auch Blei. Es wird hauptsächlich als Metall zur Herstellung von Zinkwaaren verwendet. Ausserdem ist es ein Bestandtheil sehr wichtiger Legirungen, und dient zur Bereitung von Zinkweiss und anderen Zinkverbindungen.

h) Zinkweiss ist Zinkoxyd, welches durch Verbrennen von metallischen Zink dargestellt und als weisse Anstrichfarbe verwendet wird, und dadurch vor anderen weissen Anstrichfarben ausgezeichnet ist, dass es durch Schwefelwasserstoff nicht gefärbt wird.

10. Seltenere Metalle der Gruppe des Eisens.

Das Indium ist ein seltener Begleiter des Zinks in einigen Sorten von Zinkblende. Die Indiumverbindungen sind den Zinkverbindungen analog zusammengesetzt; Chlorindium ist flüchtig und färbt die Weingeistflamme schön blau.

nennt man den Samen taub oder Windsamen (Semen fatuum); in seltenen Fällen kommen in einem Samen mehrere Embryonen vor, wie z. B. bei Citrus, wo mitunter zwischen den fleischigen Cotylen des Embryos noch 1—3 kleinere angetroffen werden; auch der Samen von Viscum enthält zuweilen 2, selten 3 Embryonen in dem grünen fleischigen Eiweiss.

Nach seiner Lage zum Eiweiss kann der Embryo ein centraler oder achsenständiger (E. centralis s. axilis) sein, wie Fig. 367, oder ein excentrischer (E. excentricus, Fig. 353, e), oder ein seitlicher (E. lateralis s. apositus, Fig. 369), ein peripherischer (E. periphericus Fig. 368), etc.

In Beziehung auf die Anordnung und Lage seiner einzelnen Theile findet sich der Embryo gerade (E. rectus Fig. 367), gekrümmt (E. curvatus, Fig. 368), schneckenförmig eingerollt (E. circinatus Fig. 373); gleichlaufend (E. homotropus) ist der Keim, wenn er in der Richtung der Samenachse liegt; umlaufend (E. amphitropus), wenn beide Enden dem Nabel zugewendet, und abgerundet (E. heterotropus), wenn keines der beiden Enden dem Nabel zugewendet ist und der Embryo quer liegt, wie z. B. bei den Primulaceen etc.

Fig. 372.



Fig. 372. Runder Keim von Pyrola, umgeben von netzartiger Testa.

Fig. 373.



Fig. 373. Längsschnitt durch ein Hopfenfrüchtchen.

Auch die Richtung des Würzelchens zum Nabel kömmt oft als characteristisch in Betracht; so ist dasselbe z. B. nach dem letzteren gerichtet (Radicula hilum spectans) und dann entweder nach der Basis der Frucht gewendet, wie bei den Compositen, Labiaten etc., oder nach der Spitze der Frucht, wie z. B. bei den Umbelliferen etc. Die Lage des Würzelchens hat einen Eintheilungsgrund für die Cruciferen abgegeben, indem da fünf verschiedene Verhältnisse vorkommen; dort ist dasselbe entweder rückenwurzelig (E. notorrhizeus, Fig. 374), was durch nachstehendes Zeichen ausgedrückt wird, wobei die Striche die Cotylen quer durchschnitten, der Ring ebenso das Würzelchen andeutet — || o; hier liegt also das Würzelchen auf der Fläche der an einander gelagerten Cotylen, wie z. B. bei Isatis, Lepidium etc. Liegt das Würzelchen dem Rande der sich berührenden Cotylen an, wie bei Cochlearia, Nasturtium etc., so heisst der Embryo seitenwurzelig (E. pleurorrhizeus) — o=. Sind die Cotylen gefaltet und kömmt das Würzelchen in die Falte zu liegen — o>, so ist der Embryo rinnig gefaltet

(E. orthoploceus) wie z. B. bei Brassica, Sinapis, etc. Die beiden anderen Formen des Embryos der Cruciferen sind der spiralig gewundene (E. spirolobeus), wobei die Cotylen gegen das Würzelchen hin eingerollt sind, wie bei Bunias, etc. und die doppelt gefaltete (E. diplecolobeus), wobei die Cotylen 2—3mal der Quere nach gefaltet erscheinen, wie z. B. bei Coronopus, etc. In Bezug auf ihre Consistenz kommen die Cotylen in der Regel mit derjenigen des Embryos selbst überein, weshalb sie auch in jenen Fällen, wo ein Eiweiss fehlt, dasselbe in sofern ersetzen können, als sie selbst die zur Ernährung nothwendigen Stoffe abgelagert enthalten. Fleischige Cotylen verwachsen öfter mit einander so, dass man die Trennung derselben nur mehr am Grunde deutlich erkennt, wie bei Tropaeolum, Aesculus, etc.; man nennt solche verwachsene (conferruminatae). Man findet ferner auch blattartige Cotylen (C. foliaceae) und dann meist ganzrandig, wie bei den Euphorbiaceen, Strychnos, etc., seltener mehrtheilig oder gelappt; selten fehlen sie, wie bei Cuscuta, oder sie sind ungleich, wie bei Trapa, etc.; sehr kurz sind sie z. B. bei Pimenta, etc.

Ueber die Entwickelung, Befruchtung, Keimung des Samens werden wir in dem physiologischen Theile das Wichtigste angeben.

IV. Abschnitt.

Das Leben der Pflanze.

Einleitung.

§. 97. Die Erforschung der Lebenserscheinungen organischer Wesen und der Gesetze, nach welchen dieselben sich äussern, ist die Aufgabe der Physiologie, welche in den letzten Jahrzehnten, unterstützt durch die Anwendung des Mikroskops und durch die Fortschritte in den exacten Wissenschaften, grosse Fortschritte gemacht hat, für welche aber noch eine Reihe der wichtigsten Probleme ungelöst vorliegen. Sie umfasst, soweit dieselbe hierher gehört, die Ermittluug der Lebensbedingungen der Pflanzen, die Gesetze der Ernährung, Entstehung, Entwicklung und Fortpflanzung derselben, indem sie zugleich die chemischen und physikalischen Vorgänge ermittelt, welche jenen Lebensäusserungen zu Grunde liegen. Während ihres Lebens nimmt die Pflanze fortwährend aus dem Boden und aus der Luft Stoffe auf, aus welchen

sie Bestandtheile ihres Körpers ersetzt und aufbaut, nachdem sie dieselben in den für die Assimilation geeigneten Zustand versetzt hat; zugleich scheidet dieselbe Stoffe aus, deren sie nicht mehr bedarf, oder welche ihr unnütz sind; dieser Process, welcher die Ernährung und das Wachsthum der Pflanze unterhält, wird als Stoffwechsel bezeichnet und ist somit auf chemische Gesetze zurückzuführen, wie auch theilweise die Erscheinungen der Bewegung, der Wärme, der Lichtentwickung, etc., welche mitunter in einer Combination chemischer und physikalischer Einflüsse ihren Grund haben. Die Entstehung und Entwicklung der Zellen, die Aneinanderreihung dieser Elementarorgane zu Geweben, das Wachsthum der Pflanze überhaupt ist die Folge von Neubildungen im Pflanzenkörper, welche durch den Assimilationsprocess unterhalten werden.

Während die angeführten Vorgänge im Leben der Pflanze mehr der Ausbildung und Erhaltung des Pflanzenindividuums dienen, gehört hierher noch als die wichtigste Aeusserung der Lebensthätigkeit der Akt der geschlechtlichen Fortpflanzung, welcher die Erhaltung der Art zum Zweck hat, und durch besondere Organe (Reproductionsorgane) vermittelt wird. Wesentlich verschieden von der Fortpflanzung ist die Vermehrung der Pflanzenindividuen, wie solche von Gärtnern durch Brutknospen, Ausläufer, Stecklinge, Theilung unterirdischer Stämme etc. geübt wird und blos auf Wachsthumsvorgängen beruht.

Erstes Kapitel.

Pflanzenchemie.

§ 98. Von der ansehnlichen Reihe der sogenannten chemischen Grundstoffe oder Elemente wurde den bisherigen Erfahrungen zufolge nur ein verhältnissmässig kleiner Theil bis jetzt im Pflanzenreich nachgewiesen und zwar finden sich dieselben nie für sich allein, sondern stets in Verbindung mit anderen; als solche, in dem Leben der Pflanze eine Rolle von grösserer oder geringerer Bedeutung spielende Stoffe kennen wir die folgenden:

Kohlenstoff	Schwefel	Jod	Kupfer	Calcium
Wasserstoff	Phosphor	Brom	Zink	Lithium
Sauerstoff	Silicium	Eisen	Aluminium	Kalium
Stickstoff	Chlor	Mangan	Magnesium	Natrium.

Von allen diesen sind für den Aufbau des Pflanzenkörpers besonders die vier ersten von Bedeutung, wie dies auch im

Thierreich der Fall ist; während aber im Thierreich dem Stickstoff die erste Stelle zukömmt, fällt diese im Pflanzenreich dem Kohlenstoff zu; man nennt desshalb auch diese vier Grundstoffe die organischen Elemente. Die übrigen Stoffe sind zum grössten Theil nur in geringer Menge in dem Pflanzenkörper enthalten; ihre Gegenwart ist grossen Theils von Standortsverhältnissen abhängig und mehrere finden sich fast ausschliesslich nur in gewissen Pflanzen; so findet sich das Kali hauptsächlich in der Asche der Binnengewächse, das Natron in jener der Seegewächse, welche letztere auch vorzugsweise Jod- und Bromverbindungen enthalten; am seltensten scheint die Thonerde vorzukommen, welche bis jetzt besonders bei den Lycopodiaceen angetroffen wurde, wie die Analysen von Berzelius, Salm-Horstmar, etc. nachweisen.

Die organischen Elemente bilden, wie bereits oben gesagt, die Hauptbestandtheile der Pflanze; so besteht die Cellulose, wie wir bereits oben pag. 13 gezeigt haben, aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff und wird deshalb als ein sogenanntes Kohlenhydrat bezeichnet, weil die beiden letzteren Stoffe darin in dem Verhältniss enthalten sind, wie, wenigstens nach der älteren Anschauung, das Wasser sich zusammensetzt. Die übrigen Kohlenhydrate, wie Stärke und deren Umwandlungsproducte, wie Gummi, Dextrin etc., haben wir theilweise schon oben beim Zellinhalt erwähnt, ebenso wie die beim Verholzen der Zellen auftretenden Modificationen des Zellstoffs, wie Xylogen, Korkstoff etc. (siehe pag 14).

Von stickstofffreien Bestandtheilen nennen wir hier noch folgende:

§. 99. Der Zucker, findet sich im Pflanzenreich in sehr verschiedenen Modificationen und scheint in den meisten Fällen aus dem Stärkemehl hervorgegangen zu sein; denn gewisse Pflanzentheile, wie z. B. die Wurzel von Taraxacum, die Knollen von Aconitum etc., enthalten zu gewissen Zeiten viel Zucker, zu anderen Amylum, resp. Jnulin, aus welchen Stoffen bekanntlich Zucker entstehen kann.

Die wichtigsten Modificationen des Zuckers sind: der Rohrzucker (C_{12} H_{11} O_{11}), welcher sich in grosser Menge in dem Zuckerrohr (Saccharum officinarum und anderen Species aus der Familie der Gramineen), in verschiedenen Ahornarten, in der Runkelrübe, etc in für die Fabrikation im Grossen ausreichender Menge gelöst findet, ausserdem aber überhaupt im Pflanzenreich sehr verbreitet ist. Eine andere häufig vorkommende Form ist die Glycose, welche nach der Formel C_{12} H_{12} O_{12} zusammengesetzt wieder als Traubenzucker, Dextrose, Stärkezucker und als Fruchtzucker, Schleim-

zucker, Laevulose unterschieden wird; erstere Form findet sich im Safte von Früchten, im festen Theile des Honigs, dem Harn von Diabetikern etc. und dreht die Ebene des polarisirten Lichtes nach rechts, während der Fruchtzucker im Safte getrockneter Früchte, im flüssigen Theile des Honigs etc., meist mit Traubenzucker vorkommend, die Ebene des polarisirten Lichtes nach links dreht. Andere dem Rohrzucker nahestehende Zuckerarten sind der Schwammzucker (Mycose) im Mutterkorn, die Trehalose in der Trehala-Manna, erzeugt von Larinus subrugosus auf Echinops-Arten, die Melitose in der Manna eucalyptina, die Melezitose in der Briançoner Manna etc

Der Mannit ist zwar ein krystallinischer, süssschmeckender Körper, welcher sich im Safte von Fraxinus Ornus, der bekannten Manna, in verschiedenen Algen und Pilzen, in dem Safte mehrer Coniferen, Amygdaleen etc. findet, sich von den Zuckerarten aber durch grösseren Gehalt an Wasserstoff (C_{12} H_{14} O_{12}) und den Mangel an Gährungsfähigkeit unterscheidet.

§. 100. Die Pectinkörper sind den Kohlehydraten nahe verwandt, sollen jedoch, wenn überhaupt die bis jetzt aufgestellte Formel (C_{64} H_{46} O_{56}) eine zuverlässige ist, reicher als jene an Sauerstoff sein; sie finden sich in dem Safte vieler Früchte und verleihen demselben die Eigenschaft zu gelatiniren, wesshalb man dieselben vorher gähren lässt, ehe man daraus die officinellen Syrupe darstellt. Durch Gährung werden die Pectinstoffe theils zerstört, theils unter Einwirkung des sie begleitenden Ferments — Pectose — in Metapectinsäure umgewandelt; auch in dem Safte verschiedener Wurzeln finden sich Pectinstoffe; welche aus dem in den unreifen Früchten enthaltenen unlöslichen Stoff, Pectose, hervorzugehen scheinen. Ueber die Zusammensetzung der Pectinstoffe und ihre Beziehungen zu anderen Körpern ist man noch nicht im Klaren.

§. 101. Glycoside sind eigenthümliche, meist krystallisirbare, theils indifferente, theils basische oder saure Körper, (Gerbsäure, Santonsäure etc.), welchen die gemeinsame Eigenschaft zukömmt, unter Einwirkung gewisser Agentien, wie von Fermenten, Säuren, Alkalien etc., in einen neuen Körper und Zucker zu zerfallen, welcher aber, wie angenommen wird, nicht fertig gebildet vorhanden ist, sondern erst bei der Zersetzung durch Aufnahme der Elemente des Wassers gebildet wird; der auftretende Zucker ist in den meisten Fällen Traubenzucker, doch kommen bei der Zersetzung auch eigenthümliche Zuckerarten vor, wie z. B. der Cathartomannit bei der Spaltung der Cathartinsäure der Sennablätter auftritt und Kupferoxyd nicht reducirt (Dragendorff). Diese Glycoside schmecken nicht süss, viele sogar bitter.

Die wichtigsten Glycoside sind: Amygdalin (in dem Samen der Drupaceen, auch in jenen gewisser Sapotaceen, Convolvulaceen, den Wurzeln von Jatropha etc.), Solanin (in Solanum-Arten), Populin (in Rinde und Blättern der Populus-Arten), Salicin (in der Rinde der Salix-Arten), Aesculin (in der Rinde der Rosskastanie etc.), Phloridzin (in der Wurzelrinde der Pomaceen, Drupaceen etc.), Arbutin (in den Blättern der Bärentraube etc.), das Convolvulin und Jalapin (in den Jalapasorten), das Santonin (Santonsaüre aus dem Wurmsamen) etc. — Eine besondere Gruppe der Glycoside bilden die Gerbsäuren, welche, in der Natur sehr verbreitet, sich durch herben, zusammenziehenden Geschmack, ihr Verhalten zu Eisenoxydsalzen, ihre Eigenschaft, Leim zu fällen und mit thierischen Geweben, besonders mit der Haut, eine eigenthümliche Verbindung einzugehen, worauf die Lederfabrikation beruht etc., auszeichnen. Die wichtigsten Formen derselben sind die Gallusgerbsäure (in den Galläpfeln etc.), welche sich in Gallussäure und Zucker spaltet; die Eichengerbsäure (in der Eichenrinde), liefert Eichenroth und Zucker; analog der Chinagerbsäure (in den Chinarinden), welche Chinaroth und Zucker liefert; die Kaffeegerbsäure, zerfällt beim Schmelzen mit Aetzkali in Kaffeesäure und Zucker etc.; von einer Reihe anderer hierhergehöriger Säuren sind weder die Zusammensetzung noch die bei der Spaltung auftretenden Producte genauer bekannt.

Ob das Menyanthin, welches, von Kromeyer entdeckt, sich beim Behandeln mit Schwefelsäure in ein ätherisches Oel und Zucker spaltet, während sich ein Theil des ersteren in eine braune harzige Masse verwandelt, auch hierher gehört, ist noch festzustellen.

§. 102. Von anderen organischen Säuren, auch Pflanzensäuren genannt, insofern solche Erzeugnisse des Pflanzenreichs sind, haben wir hauptsächlich die Fettsäuren, die Aepfel-, Wein-, Citronen-, Klee-, Ameisensäure, welche ziemlich verbreitet in der Natur vorkommen und einige gewissen Pflanzen eigenthümliche Säuren zu nennen.

Die Oxalsäure, Kleesäure (Acidum oxalicum), $C_4 H_2 O_8$, findet sich in den Blättern und Stengeln der Oxalideen, Polygoneen, Chenopodiaceen meist als saures Salz, ist aber als neutrales Kalksalz sehr verbreitet, namentlich in Wurzeln und Hölzern.

Aepfelsäure (Acidum malicum), $C_8 H_6 O_{10}$, findet sich sehr verbreitet in der Natur, namentlich im Safte unreifer Früchte, wie der Aepfel, Trauben, der Vogelsbeeren etc., häufig zugleich neben anderen Pflanzensäuren; das Coniin, Hyosciamin etc. sind in den betreffenden Pflanzen an diese Säure gebunden.

Citronensäure (Acidum citricum), $C_{12} H_8 O_{14}$, ist eine häufig neben Aepfelsäure vorkommende Säure, welche am reichlichsten in den Limonen oder sogenannten Citronen, ferner in den Früchten der Ribesiaceen, sowie in mehreren sauren Früchten angetroffen wird,

Ameisensäure (Acidum formicicum), $C_2 H_2 O_4$, findet sich in den Brennhaaren der Urticaceen, in den Nadeln der Coniferen etc. frei.

Weinsäure (Acidum tartaricum), $C_8H_6O_{12}$, trifft man besonders in dem Safte der Weintrauben, in den Tamarinden, sowohl frei, als auch neben ihren Verbindungen mit Kali, Kalk etc.

Weniger wichtige Säuren sind: Die Bernsteinsäure (Acidum succinicum) im Bernstein, Wermuth, dem Terpentin etc.; die Vanillesäure in der Vanille; die Zimmtsäure in verschiedenen wohlriechenden Balsamen, im Zimmt, in der Sumatra-Benzoe etc., die Meconsäure im Opium; die Opiummilchsäure, in demselben; die Nelkensäure in den Nelken, dem Piment etc.; die Achilleasäure im Wermuth etc.; die Aconitsäure in Aconitum-Arten; die Angelica- und Valeriansäure in den betreffenden Wurzeln; die Chelidonsäure in mehreren Papaveraceen; die China- und Chinorasäure in der Chinarinde etc. Endlich sind noch verschiedene Fettsäuren zu nennen, welche theils an Glycerin, theils an andere Basen gebunden, in den verschiedenen Pflanzenfetten nachzuweisen sind. Eigenthümliche Stoffe sind ferner die aus eingetrockneten Milchsäften entstandenen Stoffe: Caoutchuc oder Federharz, der Hauptsache nach aus einem Kohlenwasserstoffe bestehend, welchem sich das sogenannte Viscin anschliesst, welches als ein dem vorhergehenden analoger Körper mit Wasser verbunden ($C_{40}H_{32} + 16HO$) betrachtet werden kann; es findet sich in den Beeren der Mistel (Loranthaceae), in den Blättern und Zweigen der Stechpalme (Ilex aquifolium L.), als Ausschwitzungsstoff des Blüthenbodens von Atractylis gummifera (Synanthereae) als zähe, klare, klebrige Masse ohne Geruch und Geschmack.

Fette, flüssige und talgartige Oele finden sich in verschiedenen Pflanzentheilen in den Zellen in Gestalt kleiner, meist in wässeriger Flüssigkeit suspendirter Tröpfchen, am reichlichsten aber in den Samen abgelagert; die allgemeinen Eigenschaften der fetten Oele sind bekannt und können wir hier auf die speciellen nicht näher eingehen; über die Entstehung der Fette im Pflanzenreiche ist nichts sicheres bekannt, nur nach den Untersuchungen De Lucca's sehr wahrscheinlich, dass wenigstens in gewissen Fällen dieselben aus Amylum hervorgehen, wie wenigstens bei der Olive fast mit Gewissheit angenommen werden kann, welche vor ihrer Reife die Stärke im Fruchtfleische enthält, die mit dem Auftreten des fet-

ten Oeles verschwindet; übrigens findet sich sehr häufig Amylum neben fettem Oel in den Zellen der Pflanzen, wie bei Cacao, der Muscatnuss, im Rhizom von Filix mas etc.

Wachs findet sich in sehr verschiedenen Modificationen meist als Ueberzug von Früchten, in sehr dünnen Schichten als sogenannter Reif, Pruina, z. B. bei der Zwetschke, als dickerer Ueberzug bei den Früchten von Benincasa cerifera (Cucurbitaceen), von Myrica-Arten, an den Stämmen und Blättern verschiedener Palmen (Copernicia cerifera, Ceroxylon andicola etc.), seltener in den Zellen im Innern der Pflanzen, wie bei Langsdorfia-, Balanophora-Arten (Familie der Balanophoreen, aus der Ordnung der Wurzelblüthler), erstere in Neugranada, letztere auf den Molukken, aus welchen man das Wachs durch Pressen gewinnen kann.

Aetherische Oele sind gleichfalls sehr verbreitete, stickstoff-freie Körper, welche aus einem flüssigen Theil, Eläopten, und einem festen, Stearopten, zusammengesetzt, in verschiedenen Pflanzenfamilien oft in beträchtlicher Menge vorkommen; sie sind theils für sich in Zellen abgelagert, wie im Rhizoma Calami, in der Macis etc., theils zugleich mit Amylum und anderen Stoffen, wie z. B. beim Zimmt etc., theils in eigenen Behältern, wie in den Umbelliferen-Früchten und Wurzeln (Angelica, Levisticum etc.), endlich in oberflächlichen Drüsenhaaren, wie bei vielen Labiaten etc. Ihre Zusammensetzung ist eine sehr verschiedene; man unterscheidet sauerstofffreie, sogenannte Camphene, wie Terpentinöl, Citronenöl, das Eläopten des Rosenöls etc., und sauerstoffhaltige oder Camphenhydrate, wie Rosmarin-, Bergamottöl etc; in letzteren kann aber der Kohlenwasserstoff (Camphen, C_5H_4) auch durch eine Kohlenwasserstoffverbindung anderer Zusammensetzung vertreten sein, wie z. B. von Menthen, $C_{10}H_9$, Cymen, $C_{10}H_7$, etc. Andere Oele enthalten auch freie Säuren, wie das Zimmtöl, Nelkenöl, Pimentöl etc., wodurch sie wesentlich von den ersteren abweichen. Endlich liefert das Pflanzenreich noch gewisse ätherische Oele, welche nicht vorgebildet, erst bei Wasserzutritt aus einem vorhandenen Körper und einem eiweissartigen Körper, einem Ferment, entstehen, wie das Bittermandelöl durch Einwirkung des Emulsins und des Wassers auf das Amygdalin, das Senföl durch die des Myrosin's auf das myronsaure Kali; diese ätherischen Oele enthalten aber beide Stickstoff; letzteres, wie noch verschiedene ähnliche Oele von Allium-Arten, der Asa foetida, Schwefel; genaueres darüber lehrt die Chemie und Pharmacognosie.

In einigen aromatisch riechenden Pflanzen ersetzt die Stelle ätherischer Oele ein eigenthümlicher Stoff — Cumarin oder, seiner schwachsauren Eigenschaft wegen, auch Cumarsäure genannt,

ein zuerst in den Tonkabohnen (den Samen von Cumarouna oder Diphterix odorata) gefundenes Stearopten, welches auch in der Blüthe von Orchis fusca, dem Fahamthee (Angraecum fragrans), mehreren Gräsern (Anthoxanthum etc.), im Waldmeister (Asperula odorata) etc., gefunden wurde; die Melilotsäure, das riechende Princip des Steinklees ist nur eine Modification des Cumarins; das riechende Princip der Vanille ist das Vanillin oder die Vanillesäure, das des Perubalsams das Peruvin, ein eigenthümlicher, nicht zu den ätherischen Oelen gehörender Körper.

Die Harze bilden eine eigene Klasse von Körpern, welche in den Pflanzen auf noch nicht genau bekannte Art erzeugt, in eigenen Zellen (Harzzellen) oder Hohlräumen (Harzgänge, Harzbeulen, Harzbehälter etc.) abgeschieden, aus Oeffnungen der Rinde hervortreten und zu festen Massen erhärten; ohne Zweifel entstehen dieselben in vielen Fällen aus ätherischen Oelen und Balsamen durch Sauerstoffaufnahme, also als Oxydationsproducte, wenn auch bei weitem nicht durchgängig diese Art der Entstehung für alle Harze angenommen werden kann. Einige der Harze besitzen saure, andere schwach basische Eigenschaften; je grösser ihr Gehalt an ätherischem Oele ist, desto weicher sind sie und nehmen an Härte mit dem Verharzen oder Verdunsten der letzteren zu. Harze, welche in Folge ihres grossen Gehaltes an ätherischen Oelen mehr oder weniger dickflüssig sind, nennt man Balsame und diese trocknen allmälig zu harzigen Massen ein, wie z. B. der Terpentin zu Resina Pini etc.; einige Harze enthalten eigenthümliche Säuren, wie die Benzoe-, Zimmtsäure.

Im Allgemeinen zeichnen sich die Harze durch ihre Unlöslichkeit in Wasser aus, während sie dagegen grossen Theils in Alkohol und Ather, Oelen etc. löslich sind; ihre grosse Verschiedenheit lässt aber keine weitere Charakterisirung zu und muss in dieser Beziehung auf die einschlägigen Lehrbücher der Pharmacognosie verwiesen werden.

§. 103. Von stickstoffhaltigen Bestandtheilen der Pflanzen haben wir in erster Linie die Proteinkörper zu nennen, welche wir bereits oben §. 11 kurz berührt haben und welche in jedem Theile der Pflanzen anzutreffen sind, so lange dieselben lebensthätig sind. Sie bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff, zu welchen noch mitunter kleine Mengen Schwefel und zuweilen auch Phosphor beitreten; letztere beiden Stoffe sind aber dann so mit den übrigen Elementen verbunden, dass sie durch die gewöhnlichen Reagentien nicht nachzuweisen sind. Hierher gehören das Protoplasma in den jungen Zellen, das Pflanzeneiweiss (Albumin), welches in allen

Pflanzensäften gelöst vorkömmt, bei 70° C. gerinnt und dann unlöslich wird; es wird durch Weingeist aus seiner Lösung gefällt, wenn nicht Essigsäure zugegen ist. Das Pflanzenfibrin, Pflanzenfaserstoff, ist in den Getreidefrüchten in geronnenem Zustande enthalten; es bleibt bei der Stärkefabrikation, wenn man Mehl so lange mit Wasser unter Kneten auswäscht, bis alle Stärke und lösliches Albumin entfernt ist, als zähe, gelblichgraue, fadenziehende Masse, Gluten oder Kleber, zurück. Kochender Alkohol zieht aus diesem Kleber eine gleichfalls stickstoffhaltige Substanz, Pflanzenleim oder Gliadin, aus. Dieses Pflanzenfibrin ist es, welches beim Keimen der Getreidefrüchte in einen löslichen, noch nicht rein dargestellten Stoff, Diastase, übergeht, welchem die Eigenschaft zukömmt, in Wasser gelöst bei einer Temperatur von 70° grosse Mengen Stärke in Traubenzucker zu verwandeln. — Das Pflanzencaseïn oder Legumin findet sich namentlich in den Samen der Leguminosen und solcher Familien, welche ölreiche Samen produciren und zeichnet sich durch seine Löslichkeit in Wasser aus, wird aber beim Erhitzen ähnlich dem thierischen Caseïn in Gestalt eines zarten Häutchens abgeschieden; von dem Albumin unterscheidet es sich besonders durch sein Verhalten gegen Essigsäure, durch welche es in den geronnenen Zustand übergeführt und unlöslich gemacht wird, was bei dem Albumin umgekehrt ist. Endlich gehört noch das bereits pag. 20 erwähnte Klebermehl oder Aleuron hierher.

Von Farbstoffen haben wir als hierher gehörig zuerst das Chlorophyll zu nennen, welches gleichfalls nach Mulder stickstoffhaltig sein soll, obgleich diese Angabe sehr zweifelhaft ist; dass dagegen Eisen einen integrirenden Bestandtheil dieses so verbreiteten Farbstoffs bildet, haben wir bereits pag. 15 bemerkt, worauf wir hier verweisen.

Ein anderer stickstoffhaltiger Farbstoff ist der Indigo, der bekannte blaue Farbstoff, welcher aus verschiedenen Pflanzen aus der Familie der Papilionaceen, Apocyneen, Polygoneen etc. gewonnen wird, aber in den betreffenden Pflanzen nicht vorgebildet ist, sondern erst aus noch nicht mit Sicherheit nachgewiesenen Verbindungen unter gewissen Umständen entsteht.

Es giebt jedoch auch stickstofffreie Farbstoffe, wie jene des Krapps, der Alkanna, des Lacmus, des Safflors, des Saffrans, Gummigutts etc.

Von hoher Bedeutung unter den hierhergehörigen Bestandtheilen der Pflanzen sind aber wieder die sogenannten Alkaloide, stickstoffhaltige, organische, meist bestimmten Pflanzen eigenthümliche Basen, von welchen aber einzelne auch in verschiedenen Pflanzenfamilien vorzukommen scheinen, wie das Berberin etc.

Ueber die Entstehung der Alkaloide ist nichts bekannt, sondern nur zu vermuthen, dass sie aus Ammoniak entstehen, dessen Wasserstoff durch Alkohol- oder Säureradicale ersetzt wurde.

Diese Alkaloide, welche in der Regel die Wirkung der betreffenden Pflanzen, in welchen sie enthalten sind, bedingen, sind in den meisten Fällen krystallisirbar und bilden mit Säuren krystallisirbare Salze; in den betreffenden Pflanzen sind sie an organische Säuren gebunden und in so geringer Menge vorhanden, dass ihre Gegenwart durch mikrochemische Reactionen nicht nachzuweisen ist. Die wichtigsten sind:

a) Alkaloide des Opiums: Morphium, Codeïn, Thebaïn, Pseudomorphin, Papaverin, Rhoeadin, Opianin, Narcotin, Cryptopin, Narcein.

b) Alkaloide, welche in anderen Papaveraceen als in Papaver selbst vorkommen, sind: Chelerythrin, Chelidonin, das mit dem ersteren wahrscheinlich identische Sanguinarin etc.

c) Alkaloide der Solaneen: Nicotin, Atropin (Daturin), Hyosciamin, Solanin (dieser letztere Körper ist zwar stickstoffhaltig, aber schwerlich ein wirkliches Alkaloid, indem er sich gleich den Glycosiden in Zucker und einen neuen basischen Körper spaltet; auch das Atropin lässt sich in Tropin und Atropasäure spalten, aber es tritt kein Zucker dabei auf).

d) Alkaloide der Strychneen: Strychnin, Brucin, Igasurin, vielleicht auch Curarin, wenn die Abstammung des dasselbe enthaltenden Pfeilgiftes von Rouhamon guianense richtig ist.

e) Alkaloide der Cinchonaceen: Chinin, Chinidin, Cinchonin, Cinchonidin, Conchinin, Aricin.

f) Alkaloide der Ranunculaceen, Veratreen, Colchicaceen etc.: Aconitin, Lycoctonin, Acolyctin, Napellin, sämmtlich in Aconitum-Arten, Veratrin, Jervin, Sabadillin, Delphinin, Colchicin.

g) Sonstige Alkaloide: Coniin, Conydrin, beide im gefleckten Schierling, Berberin und Oxyacanthin in Berberis-Arten, ersteres auch in den Familien der Ranunculaceen, Menispermeen etc. gefunden; Menispermin, Spartein, Caffein (sehr schwache Base), Theobromin, Cocain, Emetin etc.

Alle diese Alkaloide sind quaternäre Verbindungen, bestehend aus C, H, O, N mit Ausnahme der drei flüssigen Alkaloide: Nicotin, Coniin, Spartein, welche sauerstofffrei sind.

Schliesslich hätten wir noch die anorganischen Bestandtheile des Pflanzenkörpers kurz zu betrachten, um so mehr, als viele derselben bei der Ernährung der Pflanze eine wichtige Rolle spielen.

§. 104. Die **anorganischen** Bestandtheile der Pflanzen sind, mit Ausnahme des Wassers, meist nur in geringer Menge in denselben enthalten, wie die Aschenmengen beweisen, welche beim Verbrennen zurückbleiben; dennoch sind dieselben für das Leben der Pflanzen von grösster Wichtigkeit, und fehlen deshalb fast in keiner Pflanze.

Das **Wasser** durchdringt alle Gewebe und ist zugleich der Träger aller für die Ernährung der Pflanzen nöthigen Stoffe; in sehr saftreichen Pflanzentheilen beträgt der Procentgehalt oft bis zu $^9/_{10}$ des Gesammtgewichts; finden secundäre Ablagerungen in den Zellen statt, wie z. B. bei der Bildung von Holz etc., so nimmt die Wassermenge in denselben ab und schwindet allmälig, um durch Luft und incrustirende Materien ersetzt zu werden. Die Pflanze nimmt das Wasser sowohl aus der Luft auf, welche stets grössere oder geringere Mengen von Wasserdampf enthält, wie auch aus dem Boden, zugleich mit den in demselben löslichen Bodenbestandtheilen.

Die **Kohlensäure** wird der Pflanze meist in gasförmigem Zustande aus der Luft zugeführt, welche davon etwa $^1/_{1000}$ p. C. enthält; dieselbe gelangt schon in dieselbe durch den Athmungsprocess der Menschen und Thiere, welche für ihre Existenz **Sauerstoff** bedürfen und **Kohlensäure** ausathmen, welche wieder ein Bedürfniss für das Leben der Pflanze bildet, die den Kohlenstoff nöthig hat und dagegen, im Sonnenlicht wenigstens, **Sauerstoff** ausathmet. Die Kohlensäure ist auch in dem rohen Nahrungssafte der Pflanzen anzutreffen, namentlich im Frühling in dem Safte der Bäume; die in der Asche der Pflanzen enthaltenen kohlensauren Salze sind als solche dagegen nicht in jenen während ihres Lebens enthalten, sondern sie entstehen erst bei dem Einäschern aus den pflanzensauren Salzen, welche vorhanden sind; dieselbe Umwandlung erleiden pflanzensaure Salze im menschlichen Körper, wenn sie resorbirt und dann wieder ausgeschieden wurden. Doch findet sich mitunter **kohlensaurer Kalk** krystallinisch in den Zellen abgelagert.

Das **Ammoniak** findet sich gleich der Kohlensäure nur im rohen Nahrungssafte der Pflanzen, und dasselbe spielt ohne Zweifel eine wichtige Rolle bei der Bildung stickstoffhaltiger Pflanzenbestandtheile, wie der **Proteïnkörper**, **Alkaloide** etc.; dasselbe ist ein Zersetzungsproduct stickstoffhaltiger, animalischer und vegetabilischer Substanzen, und findet sich meist an Kohlensäure gebunden sowohl in der Erde, als in der Atmosphäre, aus welcher es durch die wässerigen Niederschläge dem Boden zugeführt wird. Der in der atmosphärischen **Luft** enthaltene Stickstoff scheint in keiner Beziehung zur Ernährung der Pflanzen zu stehen und dürfte nur in sofern in Betracht zu ziehen sein, als das bei Gewittern nieder-

fallende Regenwasser Salpetersäure in kleinen Mengen enthält, entstanden durch die electrischen Entladungen aus den Bestandtheilen der Luft selbst; diese Säure kann dann als salpetersaures Salz aus dem Boden aufgenommen, eine Quelle für den Stickstoffbedarf der Pflanzen abgeben.

Chlor wird den Pflanzen in der Verbindung mit Alkalien, als Chlornatrium, Chlorkalium etc. zugeführt und findet sich in letzteren sehr verbreitet im Pflanzenreich; erstere Verbindung ist häufig in den Strand- und Meerpflanzen, letztere häufiger in jenen des Binnenlandes.

Schwefel und Phosphor, wie bereits oben erwähnt, Bestandtheile der Proteïnkörper, werden den Pflanzen durch die schwefel- und phosphorsauren Salze des Bodens zugeführt und beträgt z. B. der Gehalt an letzteren in der Asche der Weizenfrüchte 43—60 p. C.

Jod und Brom sind besonders reichlich in den im Meere und am Strande, sowie in der Nähe von Salinen wachsenden Pflanzen enthalten, und zwar in der Regel an Natrium, Magnesium etc. gebunden; doch enthalten auch Binnenpflanzen, wenn gleich in weit geringerer Menge, Jod, wie z. B. Nasturtium etc.

Kieselsäure ist eine nur in gewissen Pflanzen in beträchtlicher Menge vorhandene Verbindung des Siliciums mit Sauerstoff ($Si O_3$); sie bildet die harten, derben Schichten an der äusseren Parthie der Grashalme, findet sich sogar oft in Form steiniger Concretionen in den Internodien des Bambusrohrs abgelagert (sogenannter „Tabasheer“); der Gehalt ist sehr verschieden in den Grashalmen, beträgt aber über 6 p. C. in der Asche des Roggenstrohs etc. Auch in der Familie der Equisetaceen findet sich Kieselsäure in kleinen Krystallen abgelagert, und zwar in der Rinde der Stengel, wodurch diese die eigenthümliche Rauhigkeit erhält, die sie zum Poliren etc. geeignet macht; auch andere Pflanzen enthalten Kieselsäure, was die Aschenanalysen verschiedener Palmen, der Blätter unserer Laubholzarten, von Phormium tenax, der Rhizome verschiedener Zingiberaceen (Morin) etc. beweisen.

Die Metalle finden sich theils als Oxyde und dann mit Säuren meist organischer Natur verbunden als Salze oder als Haloidverbindungen, namentlich an Chlor gebunden; die am häufigsten vorkommenden sind Kali und Natron, gewöhnlich an Pflanzensäuren gebunden, welche beim Verbrennen in Kohlensäure verwandelt werden, weshalb die Asche beide Alkalien als kohlensaure enthält; wie wir bereits bei dem Chlor angegeben haben, ist das Natron besonders in den am oder im Meere wachsenden Pflanzen vorhanden, und dienen dieselben deshalb auch mitunter noch zur Darstellung von roher Soda (Kelp, Varec etc.),

während die Binnenpflanzen als überwiegend kalihaltig aus ihrer Asche die Potasche, kohlensaures Kali, liefern. Der Gehalt an beiden ist jedoch in den Pflanzen ein sehr verschiedener; so erhält man z. B. aus 1000 Theilen der Asche folgender Pflanzen die beigesetzte Menge Potasche nach den Untersuchungen von Vauquèlin, Pertuis, Kirwan, Saussure:

Fichte oder Tanne	0,45	Weinreben	5,50
Eiche	1,53	Farrnkraut	6,26
Weide	2,85	Maishalme	17,5
Disteln	5,00	Bohnenstengel	20,0
Flachsstengel	5,00	Sonnenblumen	20,0
Trocknes Weizenstroh	47,0		
Erdrauch (Fumaria)	79,0		

Weinhefe, aus welcher man in Burgund die unter dem Namen „cendres gravellées“ bekannte Potasche bereitet, enthält in der Asche 16 p. C. kohlensaures Kali.

Der Natrongehalt in Salsola, verschiedenen Fucus-Arten etc. beträgt 20—30 p. C.; auch die Asche vom Buchweizen, Esparsette, Lolium perenne etc. ist reicher an Natron, als an Kali.

Der Kalk findet sich krystallisirt in beträchtlicher Menge, namentlich als oxalsaurer Kalk fast in allen Pflanzen, weniger häufig als schwefelsaurer, phosphorsaurer, kohlensaurer Kalk etc.; ferner ist derselbe an viele Pflanzensäuren, wie Aepfel-, Wein-, Citronensäure etc. gebunden, gefunden worden; der durch die vegetabilische Nahrung dem Thierkörper zugeführte Kalk bildet eine Hauptquelle für den zur Bildung der Knochen nöthigen Bedarf.

Die Bittererde (Magnesia) ist ein gewöhnlicher Begleiter des Kalks, wird wie dieser von der Pflanze aus dem Boden aufgenommen und als kohlensaure Magnesia (in den Getreidearten etc.), ferner als schwefel-, phosphorsaure Magnesia abgelagert.

Thonerde (Aluminiumoxyd) scheint verhältnissmässig selten vorzukommen; in den Lycopodiaceen scheint dieselbe constant vorhanden zu sein, in anderen Pflanzen meist nur zufällig.

Die Oxyde der oben angegebenen schweren Metalle sind nur, wie viele andere Stoffe, in geringer Menge anzutreffen; Eisen, wie auch Mangan, scheint in allen Pflanzen vorhanden zu sein, wie die Aschenanalysen ergeben; Kupfer und Zink dürften wohl nur als zufällige Bestandtheile zu betrachten sein und wird besonders letzteres nur in solchen Pflanzen gefunden, welche auf galmeihaltigem Boden vorkommen; dagegen ist Kupfer in

nicht unbeträchtlicher Menge in den Grasfrüchten, namentlich im Weizen etc., enthalten.

Gewisse Pflanzen gedeihen nur auf einem Boden, welcher bestimmte, für das Leben der Pflanze unentbehrliche Stoffe enthält, während sie dagegen auf anderem, dem die nöthigen Bestandtheile abgehen, nicht oder nur sehr schlecht fortkommen; so ist z. B. die Salsola nur auf salinischem Boden anzutreffen; solche Pflanzen hat Unger als bodenstete Pflanzen bezeichnet; andere, welche zwar auch auf anderem Boden fortkommen, aber einem solchen von bestimmter Zusammensetzung den Vorzug geben, nennt man bodenholde, solche die auf jedem Boden gedeihen bodenvage Pflanzen. Auf diese Verhältnisse hat man bei der Kultur von Pflanzen Rücksicht zu nehmen, wenn man günstige Resultate erzielen will, und muss ebenso dafür gesorgt werden, dass dem Boden die für das Gedeihen gewisser Pflanzen nöthigen Bestandtheile nicht allmälig entzogen werden, sondern dass durch geeignete Zufuhr der aufgenommenen Stoffe der nöthige Ersatz geleistet wird.

Zweites Kapitel.

Lebensbedingungen und Ernährung der Pflanzen.

§. 105. Das Gedeihen der Pflanzen und die Möglichkeit der Erfüllung sämmtlicher Functionen der Pflanzen ist an gewisse Bedingungen geknüpft, ohne welche die Vegetation unmöglich wird.

Eine der wesentlichsten dieser Bedingungen scheint auf dem Vorhandensein einer gewissen Menge von Wärme zu basiren, ohne welche die Functionen der Pflanzenorgane nicht vor sich gehen, und über welche hinaus gleichfalls dieselben sistiren.

Wenn auch im Allgemeinen der Gang der Vegetationsprocesse innerhalb einer Temperatur zwischen 0° und 50° C sich zu bewegen scheint, so kann doch dieser Rahmen nicht als für alle Pflanzen gültig erachtet werden; die Pflanzensäfte sind zwar wässerige Säfte und in verdünntem Zustande wohl denselben Gesetzen unterworfen, wie wässerige Flüssigkeiten, welche niederen Temperaturgraden ausgesetzt sind; sind diese Säfte aber concentrirtere Lösungen, so könnten dieselben jedoch im Stande sein, auch noch unter 0° die Wachsthumsvorgänge zu unterhalten, wenn die niedere Temperatur nicht zu lange Zeit anhält. Allerdings sind dies nur Vermuthungen, die in gewissen Beobachtungen, wo die Pflanzen solchen Verhältnissen nicht erlegen sind, einen Halt finden; denn über das Verhalten der Pflanzen, gegenüber den Einflüssen

der Wärme, ist bis jetzt fast gar nichts bekannt; man weiss nur, dass bei dem Eintritt von Kälte, wie z. B. im Winter, die Lebenserscheinungen einfach ruhen, und erst bei Eintritt milderer Temperatur, wie im Frühjahr, wieder erwachen, oder dass bei stärkerer Kälte die ganze Pflanze oder Theile derselben erfrieren, d. h. getödtet werden; in diesem Falle, wie bei dem Eintritt des Todes der Pflanzen in Folge zu hoher Temperaturgrade, ist derselbe immer von dem Wassergehalt der Gewebe abhängig. Die Winterknospen unserer Laubpflanzen sind zwar reich an Reservestoffen, aber arm an Wasser, und ertragen deshalb eine beträchtliche Winterkälte, während die jungen, in der Entwicklung begriffenen, saftreichen Blätter schon verhältnissmässig leichten Nachtfrösten erliegen. Ueberhaupt scheint auch der Tod der Pflanzengewebe in Folge von Kälte mehr durch das Aufthauen der in Eis verwandelten Säfte, wodurch die Gewebe eine Desorganisation erleiden, als durch das Gefrieren selbst verursacht zu werden.

Von höchster Wichtigkeit für das Leben der Pflanze ist der Einfluss des Lichtes auf die chlorophyllhaltigen Zellen, indem unter demselben aus den aufgenommenen Nährstoffen die Neubildung organischer Verbindungen eingeleitet wird; allerdings giebt es Vorgänge, wie z. B. das Keimen der Samen, das Treiben der Knollen, Zwiebeln etc., welche bis zu einem gewissen Grade von der Einwirkung des Lichtes unabhängig sind; dagegen ist bekannt, dass im Dunkeln erzogene Pflanzen bleich bleiben (was man „etioliren" nennt), indem nur im Lichte Chlorophyll gebildet wird.

Bekanntlich besteht das Tageslicht aus einer Anzahl verschieden gefärbter Strahlen, und soll der Einfluss der verschiedenen Bestandtheile des Lichts auf die Vegetation eine ungleiche sein; aus den bisher gemachten Beobachtungen hat man den Schluss gezogen, dass überwiegend oder vielleicht ausschliesslich die chemischen Veränderungen in den Pflanzenzellen durch die weniger brechbaren, heller leuchtenden Strahlen, Grün, Gelb mit den Uebergängen zu Roth, hervorgebracht werden, während dagegen die Bewegungserscheinungen von den leichter brechbaren, weniger leuchtenden Strahlen, Blau bis Dunkelviolett, abhängig sind.

Man hat sich nämlich durch Versuche überzeugt, dass die wichtige Zersetzung des Kohlenstoffs in chlorophyllhaltigen Zellen, und die darauf basirende Ausscheidung von Sauerstoff in den oben benannten heller leuchtenden Strahlen in gleichem Grade stattfindet, wie in dem weissen Tageslicht, obgleich jene Strahlen auf dem für photographische Zwecke präparirtem Papiere nur geringe Reaction hervorbringen; während dies aber gerade umgekehrt mit den blauen etc. Strahlen der Fall ist, welche solches

Fein zertheiltes Platin ist im Stande durch seine Gegenwart eine Reihe von chemischen Reactionen einzuleiten; die angegebene Entzündung eines Gases oder Dampfes gehört dahin. Aber auch Reactionen, welche unter anderen Umständen nicht gelingen, kommen bei Gegenwart von Platin zu Stande. Leitet man z. B. trockene schweflige Säure und Sauerstoff gleichzeitig über erhitzten Platinschwamm, so entsteht Schwefelsäureanhydrid.

Mit Sauerstoff verbindet sich das Platin unter keinen Umständen direct; von Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure wird es nicht angegriffen, nur Königswasser löst es zu zweifach Chlorplatin auf. Beim Schmelzen mit Aetzalkalien oder Salpeter wird das Platin angegriffen, indem es oxydirt wird. Mit verschiedenen Metallen, wie Blei und Wismuth, bildet es leicht schmelzbare Legirungen und man muss daher vermeiden, Verbindungen der genannten Metalle oder die Metalle selbst in Platingefässen zu erhitzen. Ebenso wird Platin von Phosphor, Schwefel, Arsen und Silicium beim Erhitzen angegriffen.

In reinem Zustande erhält man das Platin durch Glühen des Platinsalmiaks, einer Doppelverbindung von Chlorplatin mit Chlorammonium, wobei das Metall, als eine schwarze, oft metallisch glänzende Masse zurückbleibt (Platinschwamm). Als Platinmohr erhält man es durch Reduction von Platinchlorid mit Traubenzucker in alkalischer Lösung, wobei der Traubenzucker oxydirt wird. In compacten Zustand wird es durch Hämmern gebracht, besitzt aber dann nicht die Dehnbarkeit und Elasticität, wie das geschmolzen gewesene Platin.

d) Palladium hat in seinem Aussehen grosse Aehnlichkeit mit dem Platin, ebenso wie in seinen Eigenschaften. Höchst interessant ist die Eigenschaft des Palladiums, sich mit Wasserstoff zu legiren. Verwendet man ein Stückchen Palladiumblech als negative Electrode bei der Zersetzung des Wassers durch den galvanischen Strom, so entwickelt sich nur wenig Wasserstoff, weil die Hauptmenge desselben vom Palladium zurückgehalten wird. Das Palladiumblech vergrössert dabei sein Volumen und nimmt an Gewicht zu, während die physikalischen Eigenschaften wesentliche Veränderungen erleiden.

2. Quecksilberverbindungen.

a) Sauerstoffverbindungen. Mit Sauerstoff vereinigt sich das Quecksilber in zwei Verhältnissen, nämlich zu Quecksilberoxydul, Hg_2O, und Quecksilberoxyd, HgO.

Das Quecksilberoxydul fällt als schwarzes Pulver nieder, wenn man die Lösung eines Quecksilberoxydulsalzes mit Kali- oder Natronlauge zersetzt. Es zersetzt sich sehr leicht in Oxyd und Me-

tall; die Basis der Quecksilberoxydulsalze, $Hg_2 O HO$, ist noch nicht bekannt.

Quecksilberoxyd hat je nach seiner Darstellungsweise etwas verschiedenes Aussehen; als gelbes Pulver erhält man es durch Fällung von Sublimatlösung mit Kalilauge, und in Form eines rothen krystallinischen Pulvers beim lange fortgesetzten Erhitzen von Quecksilber zum Sieden, bei Zutritt der Luft oder durch Erhitzen von salpetersaurem Quecksilberoxydul. Beim Erhitzen färbt sich das Quecksilberoxyd dunkler und zerfällt schliesslich in Metall und Sauerstoff. Die Basis der Quecksilberoxydsalze, $HgO HO$, ist noch nicht bekannt.

b) Quecksilberoxydulsalze. Löst man Quecksilber in nicht zu viel Salpetersäure auf und lässt die Lösung stehen, so scheiden sich Krystalle von salpetersaurem Quecksilberoxydul von der Formel $HgO NO_5 + 2HO$ aus. Beim Waschen mit Wasser zersetzen sich dieselben, indem sie gelb werden und ein basisches Salz liefern.

In der Auflösung von salpetersaurem Quecksilberoxydul bringt Salzsäure oder Chlormetall einen weissen Niederschlag von Quecksilberchlorür, Hg_2Cl, hervor. Die Verbindung wird Calomel genannt und ist officinell. Auf nassem Wege dargestellt, bildet der Calomel ein sehr feines Pulver und ist für manche Verwendungen nicht so geeignet, wie der auf trocknem Weg bereitete, den man nach folgender Methode erhält: Man reibt Sublimat mit metallischem Quecksilber so innig zusammen, dass man das Metall nicht mehr mit blossem Auge bemerken kann, und bringt dieses Gemisch in ein Medicinglas, welches man in einem Sandbade erhitzt. Durch Einwirkung von Quecksilber auf Sublimat bildet sich Calomel nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Quecksilberchlorid oder Sublimat.}}{Hg\,Cl} + Hg = \underset{\text{Calomel.}}{Hg_2\,Cl}$$

Der Calomel ist flüchtig und sublimirt in den Hals der Flasche, welche nach Beendigung der Operation zerschlagen wird um den Calomel herausnehmen zu können. Meist ist jedoch der hier erhaltene Calomel mit etwas Sublimat vermischt, und es ist daher nöthig, behufs Reingewinnung das Sublimationsproduct mit heissem Wasser so lange zu behandeln, bis sich nichts mehr löst. Calomel ist in Wasser unlöslich.

Der durch Sublimation gewonnene Calomel ist glänzend weiss und krystallinisch, wie der gefällte ohne Zersetzung flüchtig und leicht zu Metall reducirbar; Chlornatriumlösung und die anderen Chloralkalimetalle verwandeln es beim Kochen in Quecksilberchlorid.

Calomel ist wegen seiner Unlöslichkeit weniger giftig als die meisten anderen Quecksilberverbindungen.

c) Quecksilberoxydsalze. Schwefelsaures Quecksilberoxyd, $HgOSO_3$, wird durch Auflösen von Quecksilber in concentrirter Schwefelsäure dargestellt, und bildet einen weissen, in Wasser unlöslichen, jedoch dadurch zersetzbaren Körper; Wasser erzeugt beim Zusammenkommen mit neutralem schwefelsaurem Quecksilberoxyd ein saures Salz, das in Lösung geht und ein basisches, welches als gelbes Pulver zurückbleibt; das gelbe Pulver führt den Namen mineralischer Turbith.

Quecksilberchlorid, HgCl, ist das wichtigste Quecksilberoxydsalz; es hat den Namen Sublimat erhalten, ist in Wasser, Alkohol und Aether löslich und ein sehr starkes corrosives Gift. Man stellt es entweder durch Auflösen von Quecksilberoxyd in concentrirter Salzsäure, oder von Quecksilber in Königswasser, oder durch Erhitzen eines Gemenges von schwefelsaurem Quecksilberoxyd und Chlornatrium, dar. Im letzteren Fall vermischt man beide Salze innig und bringt sie in einen Kolben, den man im Sandbad erhitzt; das gebildete Quecksilberchlorid sublimirt und setzt sich im Hals des Kolbens in Krystallen an. Das Sublimat wird in der Medicin häufig angewendet; auch als Mittel zum Conserviren von anatomischen Präparaten und zum Vertreiben der Wanzen findet es Verwendung.

Quecksilberjodid, HgJ, ist dimorph, d. h. es existirt in zwei verschiedenen Krystallformen und bildet also zwei allotropische Modificationen, die leicht in einander verwandelt werden können. Durch Fällung von Quecksilberchloridlösung mit Jodkaliumlösung erhält man einen Niederschlag von rothem Quecksilberjodid, welches beim Erhitzen schmilzt und sublimirt, und sich alsdann in die gelbe Modification verwandelt hat. Bringt man rothes Jodquecksilber zwischen zwei Uhrgläser und erhitzt vorsichtig auf dem Sandbade, so bemerkt man bald die Entstehung schöner gelber Krystalle an dem oberen Uhrglas; sobald man einen solchen Krystall mit einem Glasstabe berührt, verändert er nicht allein seine Farbe, indem er roth wird, sondern er nimmt auch eine andere Krystallform an. Diese so eingeleitete Umwandlung setzt sich alsdann rasch durch die ganze Masse fort; durch Reiben in einer Schale kann man die gelbe Modification noch rascher in die rothe überführen. In Jodkalium ist Jodquecksilber leicht löslich, indem sich eine lösliche Doppelverbindung beider Salze bildet.

d) Schwefelverbindungen. Leitet man Schwefelwasserstoffgas in die Auflösung eines Quecksilberoxydulsalzes, so entsteht ein schwarzer Niederschlag von Quecksilbersulfür, Hg_2S, halb Schwefelquecksilber, welches sich schon beim Er-

wärmen der Flüssigkeit in Quecksilbersulfid, HgS, und Quecksilber zersetzt.

Quecksilbersulfid, HgS, einfach Schwefelquecksilber, existirt in zwei verschiedenen Zuständen und zwar als schwarzes amorphes Schwefelquecksilber, welches beim Einleiten von Schwefelwasserstoff in die Auflösung eines Quecksilberoxydsalzes niederfällt, und als rothes krystallinisches Schwefelquecksilber, welches entweder durch Erhitzen der amorphen Modification als Sublimat oder durch Behandlung derselben mit mehrfach Schwefelalkalien, bei einer Temperatur von 50° C., erhalten wird. Das krystallisirte rothe Schwefelquecksilber kommt in der Natur vor und hat den Namen Zinnober. Da der Zinnober hauptsächlich als Farbe angewendet wird, so ist auf die Erzeugung eines besonders lebhaften Rothes bei seiner Darstellung Rücksicht zu nehmen. Man erhält einen brillant rothen Zinnober auf nassem Wege entweder durch Behandlung der schwarzen Modification mit Schwefelalkalien oder durch Digestion von Quecksilber mit Kalilauge und Schwefel.

Bei dieser letzteren Methode bildet sich stets zunächst amorphes Schwefelquecksilber, welches dann weiter in die krystallisirte Modification verwandelt wird. Durch blosses Zusammenreiben von Quecksilber mit Schwefel kann man eine Vereinigung beider Elemente bewirken, wobei amorphes schwarzes Schwefelquecksilber entsteht, welches Quecksilbermohr genannt wird.

Der natürliche Zinnober bildet das Hauptmaterial zur Gewinnung des Quecksilbers, welches durch Rösten daraus gewonnen wird.

Die Schwefelverbindungen des Quecksilbers sind in Salzsäure und Salpetersäure unlöslich, werden aber von Königswasser aufgelöst.

e) Weisser Präcipitat ist eine Verbindung, welche je nach ihrer Darstellung verschiedene Zusammensetzung und verschiedene Eigenschaften hat. Versetzt man die Auflösung von Quecksilberchlorid mit Ammoniak in geringem Ueberschuss, so entsteht ein weisser Niederschlag, der rasch ausgewaschen und, im Dunkeln getrocknet, weiss bleibt, unter anderen Umständen sich dagegen leicht gelb färbt. Dies ist der officinelle Präcipitat, Mercurius praecipitatus albus; er ist unschmelzbar, d. h. er verflüchtigt sich beim Erhitzen, ohne vorher zu schmelzen; seine Zusammensetzung entspricht der Formel Hg_2H_2NCl. Versetzt man eine Auflösung von Quecksilberoxyd mit Salmiaklösung und bringt alsdann kohlensaures Natron in Lösung hinzu, so entsteht ebenfalls ein weisser Niederschlag, der aber vor dem Verflüchtigen schmilzt und dessen Zusammensetzung der Formel HgH_3NCl entspricht; es ist dies der sogen. schmelzbare Prä-

cipitat. Die Zusammensetzung dieser beiden Verbindungen können wir in der Weise auffassen, dass wir sie als Salmiak betrachten, in welchem Wasserstoff durch Quecksilber vertreten ist, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

$$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\\H\end{matrix}\right\}NCl \qquad \left.\begin{matrix}H\\H\\H\\Hg\end{matrix}\right\}NCl \qquad \left.\begin{matrix}H\\H\\Hg\\Hg\end{matrix}\right\}NCl.$$

Salmiak. schmelzbarer Präcipitat. unschmelzbarer Präcipitat.

Ihre Bildung wird sich dann durch folgende Gleichungen ausdrücken lassen:

$$2HgCl + 2NH_3 = Hg_2H_2NCl + NH_4Cl.$$

$$HgCl + NH_4Cl + NaOCO_2 = HgH_3NCl + NaCl + HO + CO_2.$$

3. Silberverbindungen.

a) Von den Sauerstoffverbindungen des Silbers ist das Silberoxyd, AgO, am wichtigsten; es bildet sich als schwarzbrauner Niederschlag beim Vermischen von Höllensteinlösung mit Kalilauge, und ist eine leicht reducirbare Verbindung. Beim blossen Erhitzen giebt es leicht seinen Sauerstoff ab und lässt schwammiges Silber zurück. Das Silberoxydhydrat, AgOHO, die eigentliche Base der Silberoxydsalze ist noch nicht bekannt. Durch Ammoniak wird aus den Auflösungen der Silberoxydsalze ebenfalls Silberoxyd gefällt, der Niederschlag löst sich aber in einem Ueberschuss des Fällungsmittels wieder auf. Silberoxyd verbindet sich beim Behandeln mit wässerigem Ammoniak mit demselben zu einer sehr explosiblen Verbindung.

b) Silberoxydsalze. In Salpetersäure löst sich Silber leicht auf; lässt man die Lösung verdunsten, so scheiden sich blätterige Krystalle von der Verbindung $AgONO_5$, salpetersaures Silberoxyd, aus. Man nennt dieselbe Höllenstein (Lapis infernalis) wegen ihrer stark ätzenden Wirkung; sie schmilzt leicht ohne Zersetzung zu erleiden, und kann alsdann in Formen gegossen werden; gewöhnlich kommt sie in Stangenform in den Handel. Im Sonnenlicht wird der Höllenstein zersetzt, indem eine Reduction einer kleinen Menge eintritt; dabei färbt er sich schwarz; rascher zersetzt sich Höllensteinlösung, namentlich wenn organische Stoffe damit in Berührung kommen. Auf der Haut bringt Höllensteinlösung einen Fleck hervor, der sehr bald schwarz wird. Durch eine Auflösung von Cyankalium kann man denselben leicht und rasch beseitigen.

Meist stellt man das salpetersaure Silberoxyd durch Auflösen

von Silbermünzen in Salpetersäure dar, wobei man eine blaue, kupferhaltige Lösung erhält; man dampft dieselbe ein und erhitzt den trocknen Rückstand zum Schmelzen. Das salpetersaure Silberoxyd schmilzt nun ohne Zersetzung, während das gleichzeitig vorhandene salpetersaure Kupferoxyd zersetzt wird, indem es, unter Zurücklassung von Kupferoxyd, Untersalpetersäure und Sauerstoff abgiebt, daher denn auch die trockene grünblaue Masse beim Schmelzen allmählig braun und schwarz wird. Von Zeit zu Zeit nimmt man eine kleine Probe heraus, um zu sehen, ob sie noch Kupfer in löslicher Form enthält, und fährt so lange fort zu erhitzen, bis kein Kupfer in die wässerige Lösung mehr eingeht, was daran zu erkennen ist, dass dieselbe, mit einem Ueberschuss von Ammoniak versetzt, keine blaue Färbung mehr zeigt. Alsdann lässt man den Rückstand erkalten, löst in Wasser auf, filtrirt von dem zurückbleibenden Kupferoxyd ab, und dampft die Lösung noch einmal zur Trockene ab, um nun das reine salpetersaure Silberoxyd in fester Form zu erhalten.

Schwefelsaures Silberoxyd, $AgOSO_3$, wird durch Erhitzen des salpetersauren Salzes mit Schwefelsäure, als ein in Wasser schwer lösliches weisses Salz gewonnen.

Kohlensaures Silberoxyd, $AgOCO_2$, wird durch Fällung von Höllensteinlösung mit kohlensaurem Natron als weisser, am Licht sich sehr rasch schwärzender Niederschlag erhalten.

Chlorsilber, AgCl, ist ein weisser, in Wasser unlöslicher, in concentrirter Salzsäure etwas, in Ammoniak leicht löslicher Körper, der sich, wie die meisten Silbersalze, am Lichte schwärzt, unzersetzt schmilzt und beim Erkalten zu einer graugelben durchscheinenden Masse erstarrt. In der Natur findet sich diese Verbindung und führt als Mineral den Namen Silberhornerz.

Bromsilber, AgBr, ist hellgelb und in Wasser unlöslich, in Ammoniak aber leicht löslich.

Jodsilber, AgJ, ist gelb und in Wasser und Ammoniak unlöslich.

Diese Haloidsalze des Silbers werden durch Fällung von Höllensteinlösung mit Chlor-, Brom- oder Jodkalium erhalten. Sie sind löslich in unterschwefligsaurem Natron.

c) Schwefelsilber, AgS, wird sowohl durch directe Vereinigung von Silber mit Schwefel, als auch durch Fällung von Höllensteinlösung mit Schwefelwasserstoff als schwarze Masse erhalten. Es verliert beim Erhitzen seinen Schwefel nicht. In der Natur findet es sich krystallisirt als Glaserz oder Silberglanz und mit anderen Schwefelverbindungen vereinigt, namentlich noch im Rothgiltigerz; auch ist es ein häufiger Begleiter des Bleiglanzes.

4. Goldverbindungen.

a) Sauerstoffverbindungen. Das Gold bildet mit Sauerstoff zwei Verbindungen:

Das Goldoxydul, AuO, wird aus dem Goldchlorür abgeschieden und ist ein violettes Pulver, das sich leicht in Oxyd und Metall zersetzt.

Das Goldoxyd, AuO_3, wird aus dem Goldchlorid durch kohlensaures Kali in der Siedehitze gefällt und bildet ein braunes Pulver, das am Licht Reduction erleidet. Goldoxyd ist das Anhydrid einer Säure, welche in mehreren Verbindungen bekannt ist; so hat man ein Kalisalz von der Formel $KO\,AuO_3$ dargestellt; die eigentliche Goldsäure, $AuO_3\,HO$, ist noch nicht bekannt.

b) Goldchlorid, $AuCl_3$, entsteht beim Auflösen von Gold in Königswasser, und bildet schöne rothe zerfliessliche Krystalle, die sich zu einer gelben Flüssigkeit in Wasser lösen. Mit Chlorkalium und anderen Chlormetallen bildet es gut krystallisirende Doppelsalze.

c) Goldchlorür, $AuCl$, entsteht aus dem Chlorid durch schwaches Erhitzen, ist in Wasser als solches unlöslich, und zersetzt sich damit in Chlorid und Metall.

d) Cassius Goldpurpur ist eine, namentlich früher als Purpurfarbe in der Glas- und Porzellanmalerei vielfach angewandte Farbe, welche entsteht, wenn man die Auflösungen von Goldchlorid, von Zinnchlorür und von Zinnchlorid vermischt und das Gemisch stehen lässt; es scheidet sich allmählig ein purpurfarbiger Niederschlag aus.

5. Platinverbindungen.

a) Sauerstoffverbindungen des Platins sind Platinoxydul, PtO, und Platinoxyd, PtO_2, welche aus den entsprechenden, analog zusammengesetzten Chlorverbindungen abgeschieden werden. Es sind braune Pulver.

Mit Wasser verbunden sind sie noch nicht dargestellt worden, aber sie sind Bestandtheile einiger Salze, in denen sie entweder als Säure oder als Base auftreten. Bei der Abscheidung aus diesen Salzen zerfallen die Hydrate sogleich in die genannten Anhydride und Wasser.

b) Platinchlorid, $PtCl_2$, entsteht beim Auflösen von Platin in Königswasser, und wird als sehr schwer krystallisirendes, ungemein leicht lösliches braunes Salz beim Abdampfen der Lösung erhalten. Es löst sich zu einer hellrothbraunen Flüssigkeit in Wasser auf, in Weingeist und Aether ist es ebenfalls löslich.

Wichtig sind die Doppelsalze des Platinchlorids mit den Chloriden der Alkalimetalle, deren Formeln folgende sind:

$PtCl_2 + KCl$, Kaliumplatinchlorid, entsteht als gelber krystallinischer Niederschlag beim Vermischen der Platinchloridlösung mit Chlorkaliumlösung, es ist in heissem Wasser leichter als in kaltem, in alkoholhaltigem Wasser schwer löslich. Die Natrium- und Ammoniumverbindung sind analog zusammengesetzt, erstere ist in Wasser leicht löslich, letztere ist schwer löslich.

c) Platinchlorür, PtCl, entsteht bei vorsichtigem Erhitzen des Chlorids und ist ein grünlichgraues, in Wasser unlösliches Pulver. In Chlorkalium ist es löslich, da es mit demselben ein lösliches Doppelsalz von der Formel $PtCl + KCl$, Kaliumplatinchlorür, bildet.

d) Mit Schwefel vereinigt sich Platin in zwei Verhältnissen, zu Platinsulfür, PtS, und Platinsulfid, PtS_2.

e) Das Platinchlorür liefert mit Ammoniak ähnliche Verbindungen wie das Quecksilberchlorid in den beiden Arten von Präcipitaten.

6. Vorkommen der edlen Metalle in der Natur.

Die edlen Metalle kommen hauptsächlich gediegen in der Natur vor, und ihre Gewinnung ist dann meist eine Reihe von rein mechanischen Prozessen. Dagegen sind auch Verbindungen in der Natur vorhanden.

a) Quecksilber kommt gediegen, in Form kleiner weisser Kügelchen, meistens zwischen Zinnober eingeschichtet, vor; in Verbindung mit Chlor findet es sich als Hornquecksilber, Hg_2Cl (Pfalz) und mit Jod verbunden als Quecksilberjodid (Mexiko). Das wichtigste Quecksilbererz ist der Zinnober, HgS, welcher die Hauptquelle für die Gewinnung des Metalls abgiebt; er findet sich in Peru, in Californien, bei Idria in Krain und hauptsächlich bei Almaden in der Sierra morena (Spanien).

b) Silber findet sich in geringen Mengen sehr verbreitet gediegen, dagegen auch in sehr vielen Erzen; folgendes sind die wichtigsten Silbererze mit ihren Fundorten:

Hornsilber, Silberhornerz	AgCl	in Mexiko
Jodsilber	AgJ	„ „
Bromsilber	AgBr	„ „
Glaserz, Silberglanzerz	AgS	im Harz, Erzgebirge und Schwarzwald
Sprödglaserz	$6AgS.SbS_3$	„ „ „
Dunkles Rothgiltigerz	$3AgS.SbS_3$	„ „ „

Lichtes Rothgiltigerz	$3AgS.AsS_3$	im Harz, Erzgebirge und Schwarzwald
Silberkupferglanz	$AgS.CuS$	am Altai
Silberhaltiges Fahlerz	$4RS.R'S_3$	„ „

In dieser Formel, $4RS$, $R'S_3$, kann R Kupfer, Eisen, Zink, Quecksilber oder Silber, und R' Arsen oder Antimon bedeuten.

Ferner ist Schwefelsilber sehr häufig ein Bestandtheil des Bleiglanzes, welcher dann 0,01 %—1% Silber enthält.

c) Gold, Platin und Palladium finden sich lediglich gediegen. Gold kommt häufig mit Silber legirt vor, und schwankt der Silbergehalt der Golderze von einer Spur bis zu 36 Prozent. So und in reinen Körnern findet sich das Gold in Mexiko, Brasilien, Chile, Californien und Australien. Platin findet sich in kleinen Körnern, hauptsächlich im Ural; Palladium ist meist begleitet von Platin.

7. Technische Verwendungen der edlen Metalle und ihrer Verbindungen.

a) Metallurgie des Quecksilbers. Die Hauptmenge des Quecksilbers wird durch Rösten des Zinnobers gewonnen, wobei der Schwefel desselben zu schwefliger Säure verbrennt, während das Quecksilber sich verflüchtigt; man nimmt die Operation des Zinnoberröstens in eigens construirten Oefen vor, in welchen die Verdichtung des dampfförmigen Quecksilbers gesichert ist. In Almaden lässt man den Quecksilberdampf sich in den sog. Aludeln verdichten, welches birnförmige, an beiden Enden offene Gefässe von gebranntem Thon sind, deren immer eine grössere Anzahl in einander gefügt sind, so dass der aus dem Röstofen ausströmende Quecksilberdampf durch eine ganze Reihe von 20—30 Aludeln hindurchströmen muss, wobei er sich dann jedenfalls verdichtet.

Das Quecksilber wird, ausser zur Darstellung von Quecksilberverbindungen, namentlich bei der Gewinnung des Goldes und Silbers und zur Darstellung von Amalgamen verwendet.

Ueber die Verwendung der Quecksilberpräparate ist bei diesen schon das Wichtigste gesagt worden.

b) Metallurgie des Silbers. Die grösste Masse des im Handel cursirenden Silbers wird aus den Silbererzen gewonnen und zwar nach sehr verschiedenen Methoden:

α) Aus silberhaltigem Bleiglanz. Das aus silberhaltigem Bleiglanz dargestellte Blei enthält alles Silber des Bleiglanzes in metallischer Form; durch den Prozess des sog. Abtreibens oxydirt man sämmtliches Blei, welches als Bleioxyd abgezogen

wird und es hinterbleibt schliesslich reines Silber. Hierbei beobachtet man den sog. Silberblick, der in einem plötzlich eintretenden Schimmern der Oberfläche des schmelzenden Silbers in Regenbogenfarben besteht; sobald derselbe beobachtet wird, ist die Operation des Abtreibens beendet; das Abtreiben wird auf dem sog. Treibheerde vorgenommen.

β) Aus silberhaltigen Kupfererzen stellt man zunächst den Kupferstein dar, welcher aus den Schwefelverbindungen des Kupfers, Eisens und Silbers besteht und röstet denselben in starker Hitze, wodurch zunächst die Schwefelmetalle in schwefelsaure Salze verwandelt werden, und weiter das schwefelsaure Kupferoxyd und schwefelsaure Eisenoxyd unter Abgabe ihrer Schwefelsäure zerstört werden, während schwefelsaures Silberoxyd unzersetzt bleibt. Durch Extraction mit Wasser zieht man letzteres aus der rückständigen Masse aus und fällt das Silber mit Kupfer metallisch aus.

γ) Aus eigentlichen Silbererzen wird nach dem sog. Amalgamationsverfahren, das Silber in folgender Weise gewonnen: Man röstet das schwefelhaltige Erz, nachdem man es mit Chlornatrium gemischt hat, wobei die Chlorverbindungen der schweren Metalle und schwefelsaures Natron zurückbleiben, während sich etwa vorhandenes Arsen oder Antimon verflüchtigt. Die geröstete Masse wird fein pulverisirt, mit Wasser befeuchtet und mit Eisenfeile und Quecksilber gemischt. Das Eisen nimmt Chlor vom Chlorsilber auf und Quecksilber amalgamirt sich mit dem ausgeschiedenen Metall. Diese Operation nimmt man in Fässern vor, die zum Zweck inniger Berührung der darin enthaltenden Körper bewegt werden; ist die Zersetzung beendet, so lässt man das Quecksilber mit dem Amalgame am Boden des Fasses ansammeln und zieht es durch eine Oeffnung ab. Durch Filtration der Quecksilbermasse durch zwillichene Säcke, trennt man das feste Amalgam vom überschüssigen Quecksilber; schliesslich wird das Amalgam erhitzt, wobei das Quecksilber abdestillirt und das Silber zurückbleibt.

Nach einem anderen Verfahren verarbeitet man in Amerika die Silbererze mit Hülfe von Quecksilber. Dieselben werden fein gepulvert mit Wasser zu einem dicken Brei angerührt und mit Chlornatrium, Magistral (geröstetem Kupferkies, also schwefelsaures Kupferoxyd enthaltend) und Quecksilber tüchtig durcheinander gearbeitet und mehrere Monate lang, unter häufiger Bearbeitung, stehen gelassen; das schwefelsaure Kupferoxyd zersetzt sich zunächst mit dem Chlornatrium, indem sich Chlorkupfer und schwefelsaures Natron bilden, welches Chlorkupfer mit metallischem Silber, Kupferchlorür und Chlorsilber, nach folgender Gleichung liefert: $2CuCl + Ag = AgCl + Cu_2Cl$. Das so gebildete Chlor-

silber und das anfänglich schon vorhandene Chlorsilber zersetzen sich alsdann mit Quecksilber, indem Quecksilberchlorür und metallisches Silber entstehen, welches letztere sich mit dem Quecksilber amalgamirt, worauf wie oben verfahren wird. Gleichzeitig in dem Silbererz enthaltenes Schwefelsilber, welches zum Theil beim langen Liegen an der Luft in schwefelsaures Silberoxyd übergegangen ist, wird durch das Kupferchlorid gleichfalls in Chlorsilber verwandelt.

δ) Die Abscheidung des Silbers aus den schwefelhaltigen Erzen mittelst Blei gründet sich auf die grössere Verwandtschaft des Schwefels zum Blei als zum Silber. Man schmilzt nach diesem Verfahren die Silbererze einfach mit Blei zusammen und erhält ein silberhaltiges Blei und einen silberfreien Stein; das erstere wird nach dem Abtreibungsverfahren auf Silber verarbeitet.

c) In reinem Zustande wird das Silber nur zur Herstellung reiner Silberpräparate verwendet, da es eine zu geringe Härte besitzt um zu Münzen gebraucht werden zu können. In den Münzen und Silberwaaren ist das Silber mit Kupfer legirt. Der Preis einer feinen Mark (= 16 Loth reinen Silbers) ist 14 Thaler, und dieser Werth ist der Ausgangspunkt zur Berechnung des Silberwerthes der Münzen und Silberwaaren; daher kommt die Bezeichnung „Löthigkeit“; womit angegeben wird, wie viel Loth reinen Silbers in 16 Loth der Münze etc. enthalten sind. Die Bezeichnung der Löthigkeit ist in neuerer Zeit übrigens nur noch für Silberwaaren im Gebrauch, während der Gehalt der Münzen in Tausendtheilen ausgedrückt wird. Die grösseren Münzen der deutsch-österreichischen Convention enthalten 900 Theile Silber und 100 Theile Kupfer, während die kleineren Geldstücke und die Scheidemünze viel geringeren Gehalt haben. Die französischen Münzen haben ebenfalls $^{900}/_{1000}$ Silber; für Silberwaaren sind verschiedene Zusammensetzungen im Gebrauche, meist sind dieselben 12 bis 14 löthig; in Frankreich müssen Silbergeschirre $^{950}/_{1000}$ Silber enthalten. An Stelle der früheren Gewichtseinheit ist neuerdings das halbe Kilogramm = 500 Gr. = 1 Pfund getreten, aus welchem, nach dem Legiren mit Kupfer, entweder 30 Thaler preussisch oder $52^1/_2$ Gulden rheinisch oder 45 Gulden österreichisch geprägt werden.

d) Einige Silberverbindungen werden im Grossen dargestellt; namentlich das salpetersaure Silberoxyd, welches in der Medicin wegen seiner ätzenden Wirkung und in der Photographie (siehe physikal. Theil) gebraucht wird. Aus dem salpetersauren Silberoxyd stellt man ferner die meisten anderen Silberverbindungen dar, welche man zur Versilberung verwendet (siehe physik. Theil.)

e) Metallurgie des Goldes. Die Gewinnung des Goldes

geschieht meist ohne Anwendung chemischer Mittel, indem man durch Schlämmen die im Erdreich zerstreuten Goldkörner sammelt; in manchen Fällen wird dagegen auch eine Extraction des Goldes durch Quecksilber vorgenommen, welches mit demselben ein Amalgam bildet, beim nachherigen Glühen alles Quecksilber abgiebt und das Gold in reinem Zustand liefert. Eine nicht unbeträchtliche Menge Goldes wird aus silberhaltigem Golde und aus goldhaltigen Silbermünzen gewonnen. Die Trennung der beiden Metalle wird entweder durch Salpetersäure, welche nur das Silber löst, oder besser durch Schwefelsäure bewirkt. Die Extraction des Silbers aus den Gemischen durch Salpetersäure ist nur dann ausführbar, wenn der Silbergehalt nicht unter 34 % beträgt, während das Verfahren mit Schwefelsäure immer anwendbar ist.

f) Die Goldmünzen und Goldwaaren bestehen nie aus reinem Gold, welches zu weich wäre, sondern sind Legirungen des Goldes mit Kupfer oder Silber. Der Gehalt der Goldmünzen und Waaren wird nach Karat und Grän berechnet, indem man die Mark in 24 Karate eintheilt, und angiebt, wie viel Theile Gold in 24 Theilen der Münze etc., enthalten sind. Das Karat besteht weiter aus 12 Grän. In den verschiedenen Staaten sind die Goldmünzen verschieden karätig; so haben die österreichischen Ducaten 23 Karat 9 Grän; die Napoleond'or, 21 Karat $7^1/_5$ Grän. In neuerer Zeit hat man auch bei den Goldmünzen mehr die Angabe des Gehalts an Gold in 1000 Theilen in Anwendung gebracht; so sind z. B. die gesetzlichen Bestimmungen über den Gehalt der Goldwaaren in Frankreich, in Theilen von 1000 ausgedrückt.

g) Zum Vergolden wird meist reines Gold oder reine Goldverbindungen verwendet, und geschieht dies entweder auf galvanischem Wege (siehe physik. Theil) oder durch Auflegen von Goldblättchen oder unter Anwendung von Goldverbindungen, meist von Goldchlorid, durch chemische Abscheidung des Goldes. Auf nassem Wege verfährt man ungefähr folgendermassen: Will man Eisen oder Stahl vergolden, so werden sie zunächst durch Eintauchen in eine Kupferlösung mit einer dünnen Schicht metallischen Kupfers überzogen, und alsdann weiter behandelt, wie Gegenstände von Kupfer oder Silber; man taucht diese in ein siedend heisses Gemenge von verdünnter Goldchloridlösung und kohlensaurem Natron und lässt sie so lange in diesem Bade, bis der Ueberzug von Gold dick genug ist. Die Feuervergoldung giebt die besten Ueberzüge, ist aber auch die kostspieligste; man belegt dabei den zu vergoldenden Gegenstand mit Goldamalgam und erhitzt ihn alsdann bis zur Verjagung des Quecksilbers.

h) Metallurgie des Platins. Die Platinerze enthalten neben Platin fast ausnahmslos noch mehrere andere seltenere Metalle, welche als sogenannte Platinmetalle bezeichnet werden und mit

demselben sehr grosse Aehnlichkeit haben, desshalb auch schwierig von ihm zu trennen sind. Aus relativ reinen Platinerzen stellt man durch Auflösen in Königswasser zunächst Platinchlorid dar, fällt daraus mit Salmiak den schwer löslichen Platinsalmiak und zersetzt diesen durch Glühen, wobei schwammiges Platin zurückbleibt; durch Umschmelzen oder Hämmern in der Glühhitze werden daraus compacte Stücke Platin hergestellt. Nach einem sehr umständlichen Verfahren trennt man das Platin von den übrigen Platinmetallen.

i) Platin wird ebenfalls fast nur mit anderen Metallen, namentlich mit Iridium, legirt verwendet, und zwar zur Herstellung einer Reihe von Apparaten für chemische Fabriken und Laboratorien. Wegen seiner Schwerschmelzbarkeit und seiner Widerstandsfähigkeit gegen Säuren eignet es sich besonders als Material für Tiegel und Abdampfschalen oder Kessel; zu beachten ist beim Arbeiten mit Platingefässen, dass sie durch schmelzendes Kali angegriffen werden, und dass leicht reducirbare Metalloxyde durchaus nicht darin geschmolzen werden dürfen; auch die Berührung einer russenden Flamme ist schädlich.

In neuerer Zeit verwendet man hauptsächlich nur geschmolzenes Platin für Tiegel und Kessel.

8. Seltenere Metalle dieser Gruppe, sogen. Platinmetalle.

Als Begleiter von Platin finden sich noch vier andere Metalle, nämlich: Osmium, Iridium, Ruthenium und Rhodium. Die beiden ersten finden sich auch mit einander legirt als sog. Osmium-Iridium neben Platin, während Ruthenium und Rhodium bis jetzt nur mit Platin legirt gefunden worden sind. Bei der Behandlung der Platinerze mit Königswasser bleiben diese ungelöst zurück.

Die Gruppirung der Metalle war in erster Linie mit Rücksicht auf die Gleichartigkeit in den Zusammensetzungsverhältnissen der Verbindungen der einzelnen Glieder jeder Gruppe vorgenommen worden, und es hätten demnach die edlen Metalle nicht sämmtlich in eine Gruppe gehört. Die Zusammengehörigkeit dieser Elemente beruht nun aber hauptsächlich auf der Analogie ihres chemischen Verhaltens, weniger auf der Aehnlichkeit der Formeln ihrer Verbindungen und eine Trennung in mehrere Gruppen nach obigem Prinzip ist um so weniger am Platze, weil fast jedes Metall eine eigene Gruppe für sich bilden würde.

C. Halbmetalle.

VIII. Gruppe des Arsens.

1. Arsen, As = 75; Antimon, Sb = 120,3 Wismuth, Bi = 208.

Es ist schon in der Einleitung gesagt worden, dass eine strenge Scheidung der Elemente in Metalle und Metalloide nicht möglich ist, da es welche giebt, die ebensowohl als Metalle, als auch als Metalloide aufgefasst werden können; am unsichersten ist die Einreihung des Arsens und Antimons und wir wollen diese beiden Elemente hier gesondert beschreiben. Die Anreihung des Wismuths an dieselben hat nun weniger ihren Grund darin, dass auch bei diesem Element eine bestimmtere Charakterisirung unmöglich sei, sondern hauptsächlich in der oft hervortretenden Analogie seiner Verbindungen mit denen des Arsens und Antimons. Wismuth ist als Metall durch viele Reactionen charakterisirt und der Ausdruck „Halbmetalle" bezieht sich also nur auf Arsen und Antimon.

a) Arsen. Das Arsen bildet schöne Krystalle von stahlgrauer Farbe und ziemlich lebhaftem Metallglanz. Es findet sich in der Natur gediegen und in Verbindungen. Im Grossen wird es durch Erhitzen von Misspickel, welcher aus Eisen, Schwefel und Arsen besteht, gewonnen; im Kleinen stellt man es durch Erhitzen eines innigen Gemisches von Arsenik und Kohle dar; Arsenik ist eine Sauerstoffverbindung des Arsens, welchem durch Kohle leicht sämmtlicher Sauerstoff beim Erhitzen entzogen werden kann. Beim Liegen an der Luft verändert sich das Arsen nicht, während es beim Erhitzen mit sehr hellem, weissem Lichte zu Arsenik verbrennt; Salzsäure löst es kaum, aber Salpetersäure leicht, indem sich arsenige Säure (Arsenik) oder Arsensäure bildet. Das Arsen ist leicht flüchtig und verwandelt sich in Dampf, ohne vorher zu schmelzen; sein Dampf riecht deutlich nach Knoblauch. Es ist sehr giftig, wie alle seine Verbindungen. Das im Handel vorkommende Arsen führt sehr verschiedene Namen, deren Kenntniss desshalb nothwendig ist, weil leicht eine Verwechslung mit Kobalt-

verbindungen vorkommen kann; man nennt es Scherbenkobalt, Kobaltum, Näpfchenkobalt, Fliegenstein und Fliegengift.

b) Antimon. Das Antimon bildet leicht schöne Krystalle von bläulichweisser Farbe; es ist sehr spröde und leicht schmelzbar. Es findet sich in der Natur selten gediegen, häufiger in Verbindung mit Schwefel. An der Luft verändert es sich nicht; Von Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure wird es nicht angegriffen, von Salpetersäure unter heftiger Reaction in ein Gemisch von Antimonoxyd und Antimonsäure verwandelt; Königswasser löst es leicht zu dreifach oder fünffach Chlorantimon auf. Mit Chlorgas verbindet es sich unter Feuererscheinung und beim Erhitzen an der Luft verbrennt es mit leuchtender Flamme zu Antimonoxyd. Im Grossen gewinnt man das Antimon durch Rösten von natürlichem Schwefelantimon und Reduction des gebildeten Antimonoxyds mit Kohle. Im Kleinen zersetzt man einfacher das natürliche Schwefelantimon durch Schmelzen mit Eisen, bei Zusatz von schwefelsaurem Natron und Holzkohle.

c) Wismuth. Das Wismuth krystallisirt in schönen, lebhaft metallglänzenden Würfeln, von grauer Farbe mit einem Stich ins Röthliche. Es lässt sich durch Schmelzen leicht in schönen Krystallen erhalten. In der Natur findet es sich gediegen und in Verbindungen. Salzsäure greift es nicht an, aber concentrirte Schwefelsäure und Salpetersäure, letztere selbst in verdünntem Zustande, lösen es auf. An der Luft verändert es sich nicht, dagegen verbrennt es beim Erhitzen mit bläulicher Flamme unter Bildung von gelbem Wismuthoxyd.

2. Arsenverbindungen.

a) Sauerstoffverbindungen. Mit Sauerstoff vereinigt sich das Arsen in zwei Verhältnissen und bildet damit das Anhydrid der arsenigen Säure, AsO_3, und das Anhydrid der Arsensäure, AsO_5. Die diesen Anhydriden entsprechenden Säuren sind nicht beide bekannt, sondern man kennt nur die eigentliche Arsensäure, $AsO_5 3HO$, welche in ihrer Zusammensetzung und ihren meisten Eigenschaften der Phosphorsäure entspricht. Auch die noch unbekannte arsenige Säure, $AsO_3 3HO$, scheint dreibasisch zu sein, wenigstens kennt man Salze, welche nach der allgemeinen Formel $3RO.AsO_3$ zusammengesetzt sind (wo R das Aequivalent eines Metalls bedeutet.)

α) Anhydrid der arsenigen Säure. Diese Verbindung, meist nur arsenige Säure genannt, ist in mehreren allotropischen Modificationen bekannt, sowohl amorph, als sog. glasige Säure, als auch krystallisirt und zwar in zwei verschiedenen Formen. Die arsenige Säure ist also dimorph. Die Umwandlung dieser

Modificationen in einander ist nicht schwierig; so verwandelt sich glasige arsenige Säure leicht von selbst in die krystallisirte Modification; hat man ein grösseres Stück der glasigen Säure aufbewahrt, so bemerkt man bald, dass dasselbe äusserlich seine Durchsichtigkeit verliert, indem es sich mit einer Rinde von krystallisirter Säure überzieht; beim Durchbrechen bemerkt man aber, dass sich im Innern des Stückes noch glasige Säure befindet. Ebenfalls leicht kann man durch Auflösen der glasigen Säure in heissem Wasser die krystallinische Modification erhalten, da sich dieselbe beim Erkalten der Lösung ausscheidet. Die Unterschiede der amorphen und krystallisirten Modification zeigen sich übrigens auch in der Löslichkeit in Wasser und im specifischen Gewicht. Beide Modificationen der arsenigen Säure sind in Wasser nicht leicht löslich; die krystallisirte ist noch schwerer löslich, als die amorphe.

Die arsenige Säure findet sich, zwar selten, als sog. Arsenikblüthe in der Natur und wird künstlich dargestellt durch Verbrennen von Arsen an der Luft; häufiger wird sie gewonnen beim Rösten arsenhaltiger Erze. Wegen ihrer leichten Flüchtigkeit sublimirt sie und setzt sich in eigens zwischen dem Röstheerde und dem Schornstein des Ofens angebrachten Röhren in Krusten als glasige Masse an. Die arsenige Säure des Handels ist nicht ganz rein, kann aber leicht durch nochmalige Sublimation, wobei man die sich zuerst verflüchtigenden Antheile verloren gehen lässt, gereinigt werden.

Im gewöhnlichen Leben ist die arsenige Säure ein sehr bekannter Körper, da sie wegen ihrer enormen Giftigkeit als Mittel gegen Ratten und Mäuse gebraucht wird. Als Mittel zum Giftmord hat die arsenige Säure leider eine nur zu grosse Berühmtheit erlangt. Gewöhnlich wird sie Arsenik genannt, hat übrigens auch die Namen Giftmehl oder Hüttenrauch.

Durch Kohle wird die arsenige Säure leicht zu Arsen reducirt; Salzsäure löst sie reichlicher auf als Wasser, besonders leicht ist sie dagegen in Kali- oder Natron-Lauge, Ammoniak oder kohlensauren Alkalien löslich.

β) Anhydrid der Arsensäure. Diese Verbindung wird beim Erhitzen der Arsensäure als weisse Masse erhalten, die beim stärkeren Erhitzen schmilzt und sich in der Rothgluth, unter Zersetzung in das Anhydrid der arsenigen Säure und Sauerstoff, verflüchtigt.

Die Arsensäure, $AsO_5 3HO$, wird durch Oxydation des Arsens oder des Anhydrids der arsenigen Säure mit Salpetersäure und Krystallisiren aus der hierbei erhaltenen Lösung, dargestellt. Sie bildet alsdann Krystalle von der Formel $AsO_5 3HO + HO$.

enthält also ein Aequivalent Krystallwasser, welches beim Trocknen entweicht. Die Arsensäure ist in Wasser löslich.

Sie bildet wohl charakterisirte Salze, welche denen der Phosphorsäure entsprechen. Neutralisirt man Arsensäure mit Kalilauge und vermischt die Lösung mit Salmiak, Ammoniak und schwefelsaurer Magnesia, so entsteht ein schwer lösliches Salz von der Formel ($2MgO.NH_4OAsO_5 + 12HO$), welches arsensaure Ammoniakmagnesia genannt wird und analog der phosphorsauren Ammoniakmagnesia (pag. 130) zusammengesetzt ist. Mit Höllenstein erhält man in obiger Auflösung einen rothbraunen Niederschlag von arsensaurem Silberoxyd, $3AgO.AsO_5$.

b) Wasserstoffverbindungen. Reducirt man arsenige Säure oder irgend eine andere Arsenverbindung, mit Ausnahme von Schwefelarsen, durch Zink und Salzsäure, so entwickelt sich ein äusserst giftiges, farbloses Gas von widrigem Geruch, welches nach dem Anzünden mit weisslicher Flamme brennt, während ein dicker weisser Rauch von arseniger Säure entsteht. Dieses Gas ist Arsenwasserstoff, AsH_3, vermischt mit viel Wasserstoff. Reiner erhält man die Verbindung beim Uebergiessen einer Legirung von Zinn und Arsen mit Salzsäure. Sie verbrennt nach dem Anzünden zu Wasser und arseniger Säure; verhindert man jedoch den Zutritt genügender Menge von Sauerstoff, so verbrennt nur der Wasstoff und das Arsen scheidet sich aus; das Gleiche geschieht, wenn man die Verbrennung, durch einen, in die Flamme hineingehaltenen, kalten Gegenstand mässigt. Bei höherer Temperatur wird das Gas in seine Bestandtheile zerlegt; leitet man daher Arsenwasserstoff durch eine glühende Glasröhre, so findet die Zerlegung statt; das Wasserstoffgas entweicht und das Arsen verdichtet sich im kälteren Theil der Röhre, so dass sich die innere Wand der Röhre mit einer Schicht feinzertheilten Arsens überzieht; die äussere Seite des Glases spiegelt alsdann, wesshalb man den inneren Beschlag einen Arsenspiegel nennt.

Ausser dieser gasförmigen Verbindung ist noch ein fester, wasserstoffärmerer Arsenwasserstoff bekannt.

c) Chlorverbindung. Arsen verbindet sich mit Chlorgas unter Feuererscheinung; die hierbei entstehende Verbindung ist das Chlorarsen, $AsCl_3$, welches in reinem Zustande eine wasserhelle, bei 132 ° C. siedende, an der Luft stark rauchende Flüssigkeit bildet. Man stellt dieselbe in grösserer Menge rein dar, durch Ueberleiten von Chlorgas über Arsen und Destillation der zuerst verdichteten, durch überschüssiges Chlor etwas gelb gefärbten Flüssigkeit über Arsen. Auch beim Erhitzen von Arsen mit Quecksilber, oder beim Kochen einer salzsauren Lösung von arseniger Säure, oder beim Erhitzen einer Mischung von arseniger

Säure, Kochsalz und Schwefelsäure, entsteht Chlorarsen. Von Wasser wird es nach folgender Gleichung zersetzt:

$$AsCl_3 + 3HO = AsO_3 + 3HCl$$

und verhält es sich hierin ganz analog dem Chlorphosphor, PCl_3.

d) Schwefelverbindungen. Mit Schwefel bildet das Arsen zwei Verbindungen, welche den beiden Sauerstoffverbindungen entsprechen, und ausserdem noch eine dritte, welche keine entsprechende Sauerstoffverbindung hat: das Arsensulfür oder dreifach Schwefelarsen, AsS_3, entsprechend der arsenigen Säure, AsO_3, das Arsensulfid, oder fünffach Schwefelarsen, AsS_5, entsprechend dem Arsensäureanhydrid und das zweifach Schwefelarsen, AsS_2.

α) Zweifach Schwefelarsen findet sich in der Natur und führt den Namen Realgar; künstlich wird es durch Zusammenschmelzen von Arsen und Schwefel in den erforderlichen Verhältnissen dargestellt und bildet dann eine gelbrothe glasige Masse, während das natürliche zweifach Schwefelarsen krystallisirt ist.

β) Dreifach Schwefelarsen kommt in der Natur vor und wird Anripigment, Opperment oder Rauschgelb genannt. Durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in eine Lösung von arseniger Säure erhält man einen gelben Niederschlag, der in verdünnten Säuren unlöslich ist, dagegen von Alkalien und von kohlensaurem Ammoniak, natürlich unter Zersetzung, gelöst wird. Auch auf trockenem Wege, durch Zusammenschmelzen von Arsen mit Schwefel in den erforderlichen Verhältnissen, kann man die Verbindung darstellen, sie bildet dann eine gelbe, schmelzbare, glasige Masse.

γ) Fünffach Schwefelarsen kann nicht, wie die vorige Verbindung, durch Fällung der entsprechenden Sauerstoffverbindung mit Schwefelwasserstoff dargestellt werden, denn wenn man in die wässerige Lösung von Arsensäure dieses Gas einleitet, wirkt dasselbe zunächst reducirend, indem es die Arsensäure in arsenige Säure verwandelt, während sich Schwefel abscheidet, worauf dann dreifach Schwefelarsen entsteht; der gebildete Niederschlag ist also ein Gemenge von dreifach Schwefelarsen mit Schwefel. Auch auf trocknem Wege lässt sich fünffach Schwefelarsen nicht darstellen; man erhält es übrigens leicht auf einem kleinen Umweg. Leitet man nämlich Schwefelwasserstoffgas in die wässerige Lösung von arsensaurem Kali, so bildet sich die Verbindung, sie bleibt aber in dem gleichzeitig entstehenden Schwefelkalium gelöst; durch Salzsäure wird in der erhaltenen gelben Lösung das Schwefelkalium zersetzt und das gelbe fünffach Schwefelarsen wird niedergeschlagen. Durch folgende Gleichungen werden die beiden aufeinanderfolgenden Zersetzungen ausgedrückt:

$$3KO.AsO_5 + 8HS = 3KS.AsS_5 + 8HO$$

$$3KS.AsS_5 + 3HCl = 3KCl + 3HS + AsS_5.$$

Die Verbindung $3KS.KS_5$ ist ein sog. Sulfosalz, in welchem das Schwefelkalium die Rolle der Base und das Schwefelarsen die Rolle der Säure spielt. Wie das Schwefelkalium, so sind auch die Schwefelverbindungen der andern Alkalimetalle im Stande, in Sulfosalzen die Rolle einer Base zu spielen und ebenso giebt es ausser dem fünffach Schwefelarsen noch eine Reihe von anderen Sulfosäuren. Zur Klasse der Sulfosäuren gehören noch dreifach Schwefelarsen, zweifach Schwefelzinn, alsdann die Schwefelverbindungen des Antimons. Wir haben in diesen Verbindungen Stoffe, die in ähnlicher Weise Salze mit einander bilden, wie dies nach der sog. dualistischen Ansicht durch Vereinigung der Anhydride von Basen und Säuren möglich ist. Wollen wir übrigens die Sulfosalze als wahre Salze, und die in ihnen enthaltenen Bestandtheile als wahre Basen und Säuren ansehen, so müssen wir die Existenz von Verbindungen der genannten Schwefelmetalle mit Schwefelwasserstoff annehmen, welche dann gegenüber den wirklichen Schwefelmetallen dieselbe Rolle spielen, wie die Hydrate gegenüber den Anhydriden; d. h. diese Verbindungen wären erst die wahren Basen und Säuren. Verbindungen von Schwefelwasserstoff mit Schwefelkalium, Schwefelnatrium etc. sind bekannt. Folgende Zusammenstellung wird die Analogie mit den Sauerstoffverbindungen hervortreten lassen:

Reihe der Sulfobasen:	Reihe der Sauerstoffbasen:
$KS\ HS.$	$KO\ HO$
$NaS\ HS$	$NaO\ HO$
$NH_4S\ HS.$	$NH_4O\ HO.$
Reihe der wahren Sulfosäuren:	**Reihe der wahren Sauerstoffsäuren:**
$AsS_3\ 3HS$	$PO_3\ 3HO$
$AsS_5\ 3HS$	$PO_5\ 3HO$
$SbS_3\ 3HS$	
$SbS_5\ 3HS.$	

Daraus entstehen nun in durchaus analoger Weise bei beiden Klassen von Körpern Salze:

Reihe der Sulfosalze:	Reihe der Sauerstoffsalze:
$3KS\ .\ AsS_3$	$3KOP\ .\ O_5$
$3NaS\ .\ AsS_5$	$3NaO\ .\ PO_5.$
$3NaS\ .\ SbS_5$	

Die Verbindungen, welche als wahre Sulfosäuren zu bezeichnen wären, sind noch nicht bekannt, wir müssen aber die Möglichkeit ihrer Existenz aus den oben entwickelten Gründen annehmen. Zum Hervortreten der Analogie mit den Sulfosäuren sind deshalb hier nur die beiden dreibasischen Säuren gewählt

worden, weil die genannten Sulfosäuren dreibasisch sind. Es muss nun besonders bemerkt werden, dass eine Zersetzung einer Säure mit einer Base nur unter den Gliedern der gleichen Art vor sich gehen kann, so dass z. B. aus Sulfosäure und Sauerstoffbasen nicht direct ein Salz entstehen kann, indem eine Sulfosäure nur mit einer Sulfobase ein Salz liefern kann. Bringt man z. B. eine Sauerstoffbase mit einer Sulfosäure zusammen, so findet eine Zersetzung der letzteren statt und zwar im Sinne folgender Gleichung:

$$AsS_3{}^{*)} + 3KOHO = 3KS + AsO_3 + 3HO.$$

Gleichzeitig werden aber Schwefelkalium mit unzersetztem Schwefelarsen und arsenige Säure mit unzersetztem Kalihydrat Salze bilden und zwar sowohl ein Sulfosalz, als auch ein Sauerstoffsalz nach folgender Gleichung:

$$3KS + AsO_3 + AsS_3 + 2KOHO = 3KS.AsS_3 + 2KO.AsO_3 + 2HO.$$

Die Bildung solcher löslichen Sulfosalze ist der Grund der Löslichkeit vieler Schwefelverbindungen in Schwefelalkalimetallen; so lösen sich ausser den Schwefelverbindungen von Zinn, Arsen und Antimon, noch Schwefelplatin, Schwefelgold und Schwefelquecksilber, letzteres allerdings nur in den Schwefelverbindungen der Alkalimetalle selbst und nicht in Schwefelammonium. Durch Säuren werden die Sulfosalze zersetzt, indem sich die Sulfosäure ausscheidet, und die Sulfobase weitere Zersetzung unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff erleidet, wie dies durch die auf pag. 194 angegebene Gleichung erläutert wird.

3. Antimonverbindungen.

a) Sauerstoffverbindungen. Mit Sauerstoff bildet das Antimon zwei Verbindungen, das Antimonoxyd oder Anhydrid der antimonigen Säure, SbO_3, und das Anhydrid der Antimonsäure, SbO_5. Die eigentliche antimonige Säure, $SbO_3 3HO$, ist noch nicht bekannt, dagegen kennt man mehrere Verbindungen des Anhydrids der Antimonsäure mit Wasser, welche in ihrer Zusammensetzung den drei verschiedenen Phosphorsäuren entsprechen, nämlich:

($SbO_5 3HO$, gewöhnliche Antimonsäure,**) entspricht der gewöhnlichen Phosphorsäure, $PO_5 3HO$)

---

*) Wir wollen bei dieser Betrachtung AsS_3 als wahre Sulfosäure betrachten, weil die Verbindung $AsS_3 3HS$ denn doch nicht bekannt ist, und dieses 3HS bei der zu besprechenden Zersetzung ohne Einfluss ist.

**) Die eigentliche Antimonsäure $SbO_5 3HO$ ist nicht bekannt, und nur der Vollständigkeit halber ist ihre Formel hierher geschrieben.

$SbO_5\,2HO$, Pyroantimonsäure,*) entspricht der Pyrophosphorsäure, $PO_5\,2HO$

$SbO_5\,HO$, Metaantimonsäure,**) entspricht der Metaphosphorsäure, $PO_5\,HO$.

α) Antimonoxyd. Die, auch antimonige Säure genannte, Verbindung entsteht beim Erhitzen von Antimon an der Luft, und bei der Zersetzung von dreifach Chlorantimon durch Kochen mit kohlensaurem Natron. Sie bildet ein weisses, in Säuren wie in Kali- und Natronlauge lösliches Pulver. Sie ist dimorph und wird bei den genannten Reactionen in beiden verschiedenen Formen erhalten. Die wichtigste Anwendung des Antimonoxyds ist die zur Darstellung des Brechweinsteins.

β) Antimonsäureanhydrid wird durch Erhitzen der Pyro- und der Metaantimonsäure erhalten und bildet ein gelbes, in Wasser nicht, in Säuren und Alkalien lösliches Pulver, welches beim Glühen Sauerstoff abgiebt und sich in eine Verbindung von der Formel $SbO_3\,SbO_5$, also in antimonsaures Antimonoxyd, verwandelt.

Die Pyroantimonsäure (häufig Metaantimonsäure genannt), entsteht bei der Zersetzung von fünffach Chlorantimon mit Wasser nach folgender Gleichung:

$$SbCl_5 + 7HO = SbO_5\,2HO + 5HCl;$$

wobei sie sich mit weiteren 2 Aeq. Wasser verbunden, als $SbO_5 2HO + 2HO$, abscheidet. Sie stellt ein weisses, in Salzsäure leicht, in Ammoniak schwer lösliches Pulver dar. Allmählig verwandelt sie sich in

Metaantimonsäure (häufig gewöhnliche Antimonsäure genannt), welche sich lediglich durch ihre Zusammensetzung, die der Formel $SbO_5\,HO$ entspricht, unterscheidet. Dieselbe Säure entsteht auch beim Behandeln von Antimon mit Salpetersäure.

Beide Säuren bilden mit Kali nicht unwichtige Salze, deren Formeln, Darstellungsweisen und Eigenschaften folgende sind:

Metaantimonsaures Kali, $KOSbO_5$ (häufig gewöhnliches antimonsaures Kali genannt), wird dargestellt durch Schmelzen von Antimon mit Salpeter, Auslaugen der Schmelze mit Wasser, längeres Kochen des Rückstandes, wobei sich derselbe löst, um sich beim Verdampfen als gummiartige Masse abzuscheiden.

---

*) Diese Säure wird von vielen Chemikern als Metaantimonsäure bezeichnet; es ist jedoch, wegen der Analogie von SbO_5 mit PO_5, überhaupt der Antimonverbindungen mit den Phosphorverbindungen, eine analoge Benennung ihrer analogen Verbindungen vorzuziehen.

**) Diese Säure wird meist gewöhnliche Antimonsäure genannt; die gewählte Bezeichnung ist aus demselben Grunde wie in obiger Anmerkung vorzuziehen.

Dieses Salz liefert mit Salpetersäure die freie Metaantimonsäure (häufig gewöhnliche Antimonsäure genannt);

Pyroantimonsaures Kali, $2KOSbO_5$ (häufig metaantimonsaures Kali genannt), wird bei Digestion des beschriebenen Kalisalzes mit Kalilauge erhalten und scheidet sich in Krystallen ab. Dieses Salz ist in wenig Wasser löslich; seine Lösung giebt mit Natronsalzen einen weissen krystallinischen Niederschlag von pyroantimonsaurem Natron. Durch viel Wasser wird das Kalisalz zersetzt, indem sich ein saures Salz bildet, nämlich: $KOHOSbO_5$.

b) Wasserstoffverbindung. Antimonwasserstoff, SbH_3, ist ganz dem Arsenwasserstoff in Bezug auf Bildung und Darstellung, sowie in seinem Verhalten und Eigenschaften, analog. Er ist mit grünlicher Flamme brennbar, unter Bildung von Wasser und Antimonoxyd. Beim Erhitzen in einer Röhre zerfällt er in Antimon, welches sich als Metallspiegel auf der inneren Wand der Röhre anschlägt, und Wasserstoff. Ebenso liefert er beim Hineinhalten eines kalten Gegenstandes, z. B. einer Porzellanschale, in seine Flamme Metallflecken, welche übrigens von den Arsenflecken leicht zu unterscheiden sind. Leitet man Antimonwasserstoff in eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd, so bildet sich ein schwarzer Niederschlag von Antimonsilber, $SbAg_3$.

c) Chlorverbindungen. Es giebt hauptsächlich zwei Chlorverbindungen des Antimons, nämlich dreifach Chlorantimon oder Antimonchlorür, $SbCl_3$, und fünffach Chlorantimon oder Antimonchlorid, $SbCl_5$, auch Antimonsuperchlorid genannt.

α) Antimonchlorür, $SbCl_3$, ist ein weisser, leicht krystallisirender, bei 72° C. schmelzender, bei 230° C. siedender Körper, der wegen seiner butterartigen Consistenz von den älteren Chemikern den Namen Antimonbutter oder Butyrum Antimonii erhalten hat. Von Wasser wird die Verbindung zersetzt, indem sich Salzsäure und weisses, unlösliches, sogenanntes Antimonoxychlorid, SbO_2Cl, bildet, welchem übrigens je nach der Menge und Temperatur des Wassers noch mehr oder weniger Antimonoxyd beigemengt ist. Durch folgende Gleichung wird diese Zersetzung ausgedrückt:

$$SbCl_3 + 2HO = SbO_2Cl + 2HCl.$$

Durch lange fortgesetztes Behandeln mit Wasser kann dem Antimonoxychlorid fast sämmtliches Chlor entzogen werden, indem reines Antimonoxyd zurückbleibt. Concentrirte Salzsäure löst das Antimonoxychlorid auf, durch viel Wasser wird es aber wieder gefällt. Der dabei entstehende weisse Niederschlag wird Algarothpulver genannt, und ist also nach Obigem von wechselnder Zusammensetzung.

In reinem Zustande erhält man das Antimonchlorür durch

Ueberleiten von Chlor über Antimon, wobei sich letzteres im Ueberschuss befinden muss, oder durch Erhitzen eines Gemisches von Antimon oder Schwefelantimon mit Quecksilberchlorid in einer Retorte, wobei das Antimonchlorür überdestillirt. Durch nochmalige Destillation wird es alsdann gereinigt. Auch beim Auflösen von Schwefelantimon in concentrirter Salzsäure erhält man eine Lösung von Chlorantimon, welche beim Erhitzen in einer Retorte zuerst Dämpfe von Wasser und Salzsäure abgiebt, bis schliesslich das Chlorantimon sich verflüchtigt. Man beobachtet von Zeit zu Zeit, ob ein Tropfen des Destillates auf einer kalten Porzellanfläche erstarrt, und fängt von diesem Moment an das Uebergehende gesondert auf, da es reines Antimonchlorür ist.

β) Antimonchlorid, $SbCl_5$, ist eine farblose, an der Luft stark rauchende Flüssigkeit, welche durch Erhitzen in Antimonchlorür und Chlor zersetzt wird, also nicht unzersetzt destillirt werden kann. Erhitzt man zwar Antimonchlorid in einer Retorte und bringt man an diese eine Vorlage an, so wird sich in letzterer unverändertes Antimonchlorid ansammeln, wenn dasjenige in der Retorte erhitzt wird; es kommt dies daher, dass sich Antimonchlorür und Chlor, welche sich beim Erhitzen des Chlorids getrennt, wieder vereinigen, sobald sie genügend abgekühlt werden. Von Wasser wird die Verbindung in Salzsäure und Pyroantimonsäure nach folgender Gleichung zersetzt:

$$SbCl_5 + 7HO = SbO_5\,2HO + 5HCl.$$

d) Schwefelverbindungen. Mit Schwefel verbindet sich das Antimon in zwei Verhältnissen, zu dreifach Schwefelantimon, Antimonsulfür, SbS_3, und zu fünffach Schwefelantimon, Antimonsulfid, SbS_5.

α) Das dreifach Schwefelantimon ist in zwei Formen bekannt, nämlich amorph und krystallisirt.

Das amorphe dreifach Schwefelantimon wird, mit Wasser chemisch verbunden, beim Einleiten von Schwefelwasserstoff in eine Lösung von Chlorantimon oder von Antimonoxyd in Schwefelsäure, als ein orangerother Niederschlag erhalten. In diesem Zustande ist die Verbindung ungemein leicht löslich in Kali-, Natronlauge, Ammoniak und den Schwefelverbindungen der Alkalimetalle und des Ammoniums, indem sie sich mit Ersterem im Sinne der, auf pag. 196 für die Zersetzung der Sulfide durch Kali angegebenen Gleichungen umsetzt, und mit Letzteren unter Bildung von Sulfosalzen vereinigt. Auch in kohlensauren Alkalien ist die Verbindung löslich. Durch schwaches Erhitzen lässt sich ihr das Wasser entziehen, dabei färbt sie sich dunkler. In concentrirter Salzsäure ist das gefällte dreifach Schwefelantimon ebenfalls leicht, und zwar unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff, löslich.

Das krystallisirte Schwefelantimon findet sich in der Natur

in Form von bleigrauen, blättrigen oder säulenförmig krystallinischen Massen. Das Mineral führt den Namen Grauspiessglanzerz oder Antimonglanz. Aus dem begleitenden Erdreich ausgeschmolzen, erhält man es als eine strahlig-krystallinische Masse von grauer Farbe, welche Antimonium crudum genannt wird. Interessant ist, dass diese Verbindung Leiter der Electricität ist. Durch Zusammenschmelzen von Antimon mit Schwefel kann man das krystallisirte dreifach Schwefelantimon künstlich darstellen. In diesem Zustande verhält es sich gegen Lösungsmittel ähnlich wie in amorphem Zustande, wird nur wegen seiner grösseren Dichte langsamer und schwieriger gelöst. Lässt man geschmolzenes dreifach Schwefelantimon rasch erkalten, so wird es amorph erstarren und ein braunes Pulver darstellen.

β) Kermes ist eine, wegen seiner Anwendung in der Medicin wichtige Antimonverbinduug; im Wesentlichen ist es gelbrothes Schwefelantimon, dem jedoch meist, je nach der Darstellungsmethode, mehr oder weniger Antimonoxyd beigemengt ist. Die Gewinnung des Kermes beruht auf der Zersetzung des natürlichen dreifach Schwefelantimons durch heisse Lösung von kohlensaurem Natron oder durch schmelzendes kohlensaures Natron. Es bilden sich in beiden Fällen, in Folge Zersetzung, nach den auf pag. 196 angegebenen Gleichungen, einerseits Verbindungen von Antimonoxyd mit Natron, andererseits ein Sulfosalz von dreifach Schwefelantimon mit Schwefelnatrium. Verfährt man auf nassem Wege, so geht beim Erkalten der, von rückständigem Grauspiessglanzerz abfiltrirten Lösung, die Reaction theilweise rückwärts, weshalb sich dreifach Schwefelantimon ausscheidet, gemengt mit etwas Antimonoxyd, welches seiner Schwerlöslichkeit halber ebenfalls niederfällt. Hat man das Verfahren auf trocknem Wege eingeschlagen, so wird nach dem Auskochen der Schmelze mit Wasser eine farblose Lösung erhalten, die beim Erkalten einen flockigen Niederschlag abscheidet, welcher in ähnlicher Weise entstanden ist und folglich auch ähnlich zusammengesetzt ist, wie der auf nassem Wege erhaltene.

Da der Kermes als Arzneimittel gebraucht wird, so ist der Gehalt desselben an Antimonoxyd von grosser Wichtigkeit, indem das Antimonoxyd eine Substanz von bedeutend stärkerer Wirkung auf den Organismus ist, als das Schwefelantimon. Einen von Antimonoxyd ganz freien Kermes kann man durch Behandlung des rohen Kermes mit Weinsäurelösung darstellen, welche das Antimonoxyd vollständig aufnimmt.

Aehnliche Gemische von Schwefelantimon mit Antimonoxyd sind früher im Gebrauch gewesen, in neuerer Zeit dagegen wegen ihrer unsicheren Zusammensetzung in Abgang gekommen; dahin gehört der Crocus antimonii, welcher beim Behandeln von

natürlichem dreifach Schwefelantimon, mit zur vollständigen Lösung unzureichenden Menge von Kali, zurückbleibt. Wichtiger ist der als Spiessglanzglas bezeichnete Körper, welcher als Product der unvollständigen Röstung von Grauspiessglanzerz und Zusammenschmelzen der Masse erhalten wird. Schwefelantimon, amorphes sowohl als krystallisirtes, lässt sich leicht rösten, indem sich Antimonoxyd bildet, während der Schwefel zu schwefliger Säure verbrennt.

Schliesslich mag noch erwähnt werden, dass das dreifach Schwefelantimon Bestandtheil einer Reihe von Erzen ist.

γ) Fünffach Schwefelantimon, entsteht analog dem dreifach Schwefelantimon beim Einleiten von Schwefelwasserstoff in eine Auflösung von Antimonsäure, als orangerother amorpher Niederschlag. Leichter und zur Anwendung als Arzneimittel geeigneter erhält man das fünffach Schwefelantimon bei der Zersetzung eines Sulfosalzes desselben mit Schwefelnatrium durch Schwefelsäure. Das so gewonnene fünffach Schwefelantimon führt den Namen Goldschwefel oder Sulfur auratum antimonii. Die Verbindung löst sich wie das Antimonsulfür in concentrirter Salzsäure, Kali-, Natronlauge, Ammoniak und kohlensauren Alkalien. Beim Erhitzen giebt sie Schwefel ab und verwandelt sich in dreifach Schwefelantimon.

δ) Schlippe'sches Salz ist das Sulfosalz des fünffach Schwefelantimons mit Schwefelnatrium, welches man zur Darstellung des Goldschwefels verwendet, und hat die Formel ($SbS_5 + 3NaS + 18HO$). Es wird dargestellt durch Kochen von Grauspiessglanzerz mit kohlensaurem Natron, Kalkhydrat, Schwefel und Wasser. Kalkhydrat zerlegt zunächst das kohlensaure Natron, Natronlauge bildend, welche das dreifach Schwefelantimon, im Sinne der mehrfach erwähnten Gleichung, pag. 196, zersetzt; durch Aufnahme von Schwefel verwandeln sich die hierbei entstandenen Producte in das genannte Sulfosalz, welches in Lösung bleibt und nach dem Abfiltriren derselben vom zurückbleibenden kohlensauren Kalk beim Erkalten in prächtigen, wohlausgebildeten Krystallen erhalten wird. Durch folgende Gleichungen kann die Bildung des Schlippe'schen Salzes erklärt werden:

I. $8NaOCO_2 + 8CaOHO = 8NaOHO + 8CaOCO_2$;
II. $2SbS_3 + 6NaOHO = (SbS_3 + 3NaS) + (SbO_3 + 3NaO) + 6HO$
III. $(SbS_3 + 3NaS) + S_2 = (SbS_5 + 3NaS)$;
IV. $(SbO_3 + 3NaO) + S_{10} + 2NaOHO = (SbS_5 + 3NaS) + 2NaOSO_3 + 2HO$;

I. Entstehung der Natronlauge;
II. Zersetzung des Schwefelantimons durch Natronlauge;
III. Verwandlung des Sulfosalzes des dreifach Schwefelantimons in dasjenige des fünffach Schwefelantimons, d. h. in Schlippe'sches Salz;

IV. Verwandlung des Sauerstoffsalzes in Sulfosalz des dreifach Schwefelantimons und dieses in Schlippe'sches Salz.

Die Zersetzung des Schlippe'schen Salzes durch Schwefelsäure verläuft nach folgender Gleichung:

$(SbS_5 + 3NaS) + 3SO_3HO = SbS_5 + 3NaOSO_3 + 3HS.$

Selbst durch schwache Säuren wird dieses Salz schon zersetzt, so dass es unter Abschluss der Luft aufbewahrt werden muss, weil es sich sonst, in Folge der Abscheidung von Schwefelantimon, gelb und roth färbt.

Um auf die Analogie in den Verbindungsverhältnissen der beiden Elemente, Arsen und Antimon, aufmerksam zu machen, wollen wir hier noch einmal die Formeln ihrer Verbindungen zusammenstellen:

	Arsenverbindungen.	Antimonverbindungen.
Sauerstoffverbindung	AsO_3, AsO_5	SbO_3, SbO_5;
Wasserstoffverbindungen	AsH_3, —	SbH_3, —;
Chlorverbindungen	$AsCl_3$ —	$SbCl_3$, $SbCl_5$;
Schwefelverbindungen	AsS_3, AsS_5	SbS_3, SbS_5.

4. Wismuthverbindungen.

a) Sauerstoffverbindungen. Das Wismuth vereinigt sich mit Sauerstoff in drei Verhältnissen und bildet das Wismuthoxydul, BiO_2; das Wismuthoxyd, BiO_3, und die Wimuthsäure, BiO_5. Hier kann nur das Wismuthoxyd als die wichtigste Sauerstoffverbindung beschrieben werden.

Das Wismuthoxyd ist ein hellgelbes Pulver, welches in der Rothglühhitze unzersetzt schmelzbar ist, beim Erkalten erstarrt es zu einer krystallinischen Masse. Es findet sich als Wismuthocker in der Natur und entsteht beim Erhitzen des Wismuths an der Luft und beim Erwärmen des, durch Fällung von Wismuthoxydsalzen mit Kalilauge entstehenden, weissen Niederschlags. Dieser Niederschlag ist eine Verbindung von Wismuthoxyd mit drei Aeq. Wasser, d. h.

die Base Wismuthoxydhydrat, $BiO_3 3HO$. Dieselbe ist dreisäurig und bildet besonders leicht basische Salze; sie entsteht bei der Zersetzung ihrer Salze durch Kalilauge oder andere stärkere Basen und wird als weisser Niederschlag abgeschieden.

b) Wismuthoxydsalze entstehen zum Theil beim Auflösen des Metalls in Säuren; so erhält man leicht das

salpetersaure Wismuthoxyd, $BiO_3 3NO_5$, welches in schönen weissen Krystallen aus der Lösung des Wismuths in concentrirter Salpetersäure anschiesst; die Krystalle werden auf einem Trichter gesammelt, damit die anhängende Mutterlauge abtropfen kann. Durch Wasser werden die Krystalle leicht zersetzt und sie lösen sich nicht zu einer klaren Flüssigkeit, da hierbei basische unlösliche Salze entstehen, welche je nach der Menge und Temperatur des Wassers verschiedene Zusammensetzung haben. In salpetersäurehaltigem Wasser sind die Krystalle dagegen leicht löslich; eine grössere Menge Wasser erzeugt aber in dieser Lösung einen weissen Niederschlag; selbst bei sehr geringen Mengen von Wismuth entsteht noch eine Trübung; man benutzt dieses Verhalten zur Nachweisung desselben und hat es dieselbe nur mit dem Antimon gemein. Das sog. Magisterium bismuthi ist ein solches basisches salpetersaures Wismuthoxyd.

Das dreifach Chlorwismuth, Wismuthchlorid, $BiCl_3$, ist dem dreifach Chlorantimon so vollständig analog, dass eine Beschreibung desselben hier überflüssig ist. Ausser diesem giebt es noch ein zweifach Chlorwismuth, Wismuthchlorür, $BiCl_2$.

c) Schwefelverbindungen. Mit Schwefel verbindet sich das Wismuth zu, den Sauerstoffverbindungen analog zusammengesetzten, Körpern: zweifach Schwefelwismuth, Wismuthsulfür, BiS_2, und dreifach Schwefelwismuth, Wismuthsulfid, BiS_3; letzteres wird als amorpher braunschwarzer Niederschlag beim Einleiten von Schwefelwasserstoff in die Lösungen der Wismuthoxydsalze und als krystallinische Masse beim Zusammenschmelzen von Wismuth mit Schwefel erhalten. Es findet sich ausserdem krystallisirt in der Natur als Wismuthglanz.

Die Analogie der Wismuth- und Antimonverbindungen tritt in vielen Beziehungen hervor, so namentlich in der Zusammensetzung jener Verbindungen, welche, wie beim Antimon, auch beim Wismuth alle den Sauerstoffverbindungen analog sind. Wir haben als zusammengehörig: Antimonoxyd, SbO_3, und Wismuthoxyd, BiO_3; Antimonsäure, SbO_5, und Wismuthsäure, BiO_5; dreifach Schwefelantimon, $SbSl_3$, und dreifach Schwefelwismuth, BiS_3; dreifach Chlorantimon, $SbCl_3$, und dreifach Chlorwismuth, $BiCl_3$, welche letztere die grösste Aehnlichkeit zeigen.

5. Vorkommen der Elemente der Arsengruppe in der Natur.

Die drei Elemente dieser Gruppe kommen entweder gediegen oder in Verbindung mit Schwefel oder Metallen in der Natur vor, seltner sind anderweitige Verbindungen derselben.

α) Arsen kommt in folgenden Verbindungen vor:

als Schwefelarsen, im Realgar, AsS_2; Auripigment, AsS_3;

als dreifach Schwefelarsen, verbunden mit andern Schwefelmetallen, im lichten Rothgiltigerz, $3AgS.AsS_3$, und in gewissen Arten von Fahlerz, in letztern verbunden mit Schwefeleisen, Schwefelzink, Schwefelkupfer, Schwefelsilber und Schwefelquecksilber;

als Arsenmetall, in Kupfernikel, NiAs; Arsennickel, $NiAs_2$; Speiskobalt, $CoAs_2$; Arsenikalkies oder Arseneisen, $FeAs_2$; als Arsenmetall, verbunden mit Schwefelmetallen, im Nickelglanz, $(NiS_2 + NiAs_2)$; Glanzkobalt, $(CoS_2 + CoAs_2)$ und Misspickel oder Arsenikkies, $FeS_2 + AsS_2$;

ferner kommt es mit Antimon verbunden, als Arsenantimon $SbAs_3$, vor, und in einigen seltenen Mineralien, als Arsensäure, an Basen gebunden; auch arsenige Säure findet sich selten.

β) Antimon findet sich hauptsächlich mit Schwefel verbunden in folgenden Erzen:

Grauspiessglanz, reines dreifach Schwefelantimon,	SbS_3;
Rothspiessglanz,	$2SbS_3 + SbO_3$;
Berthierit,	$4SbS_3 + 3FeS$;
Kupferantimonglanz,	$SbS_3 + Cu_2S$;
Sprödglaserz,	$SbS_3 + 6AgS$;

Plagionit, Jamesonit, Skleroklas, Federerz, Boulangerit, Geokronit und Kilbrikenit sind Verbindungen von PbS_3 mit Schwefelblei, in verschiedenen Verhältnissen.

Bournonit,	$Cu_2S.2PbS.SbS_3$;
Silberbournonit,	$(xAgS.yPbS)_3 (x + y) SbS_3$;
Schilfglaserz,	$AsS\,PbS\,SbS_3$;

Polybasit, welcher, neben Schwefelantimon, noch Schwefelarsen, Schwefelkupfer, Schwefelsilber und Schwefelzink enthält;

Antimonfahlerz, $3AgS + SbS_3$.

Ausserdem kommt das Antimon, als Antimonoxyd im Antimonocker oder Spiessglanzocker, ferner mit Nickel und Silber verbunden, im Antimonnickel, NiSb, und Antimonsilber, Ag_2Sb, und als Antimonnickel, mit Schwefelnickel verbunden, im Nickelantimonglanz, $NiS_2 + NiSb$, vor.

γ) Wismuth, findet sich im Wismuthglanz, als Schwefelwismuth, BiS_3, und im Wismuthocker, als Wismuthoxyd. BiO_3.

6. Technische Verwendung der Elemente der Arsengruppe.

Die Verwendung der Elemente dieser Gruppe ist nur eine beschränkte, indem lediglich nur Antimon und Wismuth zu einzelnen Legirungen gebraucht werden, während ihre Verbindungen nur selten Anwendung finden. Arsenige Säure ist ein Bestandtheil einiger grüner Farben.

Die Metallurgie des Wismuths ist eine höchst einfache, da man es nur durch Aussaigern (Ausschmelzen) von der Gangart zu befreien hat.

Allgemeine Bemerkungen.

Legirungen.

Legirungen sind Gemische von Metallen, welche im Allgemeinen durch Zusammenschmelzen der reinen Metalle und Erkalten des flüssigen, möglichst innigen Gemisches dargestellt werden. Es sind jedoch nur einzelne Metalle, welche, mit anderen legirt, verarbeitet werden, und gerade das wichtigste Metall, das Eisen, soll zu seinen meisten Verwendungen möglichst frei von fremden Metallen sein. Vorwiegend wird Kupfer mit anderen Metallen legirt, weil es durch verhältnissmässig geringe Beimengungen so wesentliche Modificationen seiner physikalischen Eigenschaften erfährt, dass es zu einer grossen Anzahl von Verwendungen brauchbar wird, für welche es in reinem Zustande nicht geeignet wäre; auch Silber und Gold sind fast immer mit anderen Metallen, namentlich mit Kupfer, legirt. Wir wollen nun die wichtigsten Legirungen hier beschreiben, und dabei zunächst diejenigen im Auge behalten, welche praktische Bedeutung haben und dann kurz die, hauptsächlich in chemischen Laboratorien angewendeten, betrachten. Eine weitere Eintheilung der Legirungen nach ihren Bestandtheilen ist insofern sehr schwierig, aber auch weniger nothwendig, als die Legirungen sich stets aus mehreren Metallen zusammensetzen und eine bestimmte Legirung sowohl bei dem einen, als auch bei dem anderen Metall beschrieben werden könnte, und häufig gerade der der Masse nach überwiegende Bestandtheil bezüglich der Bestimmung der physikalischen Eigenschaften zurücktritt, also auch eine Eintheilung mit Berücksichtigung der Hauptbestandtheile nicht immer am geeignetsten ist.

1. Legirungen des Kupfers.

Das Kupfer ist zu vielen Zwecken nicht hart genug, und es wird daher mit anderen Metallen, namentlich mit Zink oder Zinn, oder mit beiden zugleich legirt.

a) Kupfer und Zink.

Kupfer und Zink lassen sich in allen Verhältnissen mit einander legiren und es werden dadurch, je nach den Mengenverhältnissen der beiden Bestandtheile, ziemlich verschiedenartige Legirungen erhalten, welche namentlich in der Farbe differiren, und bei hohem Kupfergehalt mehr die Farbe dieses und bei hohem Zinkgehalt eine hellere Farbe zeigen. Das Messing ist die wichtigste und einzige in der Technik verwendete Legirung beider Metalle; es besteht aus circa 3 Theilen Kupfer und 2 Theilen Zink, und kann durch directes Zusammenschmelzen seiner Bestandtheile dargestellt werden. Die physikalischen Eigenschaften des Messings sind wesentlich andere, als die des Kupfers oder die des Zinks, so ist es härter als Kupfer und dehnbarer und elastischer als Zink; es lässt sich leicht in Formen giessen, da es dieselben gut ausfüllt und nicht so leicht blasig wird, wie Kupfer; seine Farbe ist gelb.

Legirungen, welche, dem Messing ähnlich, Kupfer und Zink in anderen Verhältnissen enthalten, sind Mannheimer Gold, Blattgold, Tombak und mehrere andere, welche als unächtes Gold zu Schmuckwaaren oder zum unächten Vergolden oder zum Bronziren Verwendung finden.

b) Kupfer und Zinn.

Die sogen. Bronze ist eine Legirung von Kupfer und Zinn, welche je nach ihrer Verwendung wechselnd zusammengesetzt, und häufig mit einem Zusatz von Zink oder Blei versehen ist. Man unterscheidet drei verschiedene Arten von Bronze, nämlich:

α) Glockenbronze, enthält etwa 3 Theile Kupfer auf 1 Theil Zinn; diese Legirung ist viel härter und spröder, deshalb auch klingender, als Kupfer oder Zinn; es wird durch Zusammenschmelzen von Kupfer und Zinn dargestellt;

β) Statuenbronze, hat sehr wechselnde Zusammensetzung und es differirt ihr Kupfergehalt von 80%—90%; meist enthält die Statuenbronze noch Blei und Zink. Das Verhältniss von Zinn zu Kupfer ist ungefähr wie 1 : 10, weicht übrigens nach beiden Seiten sehr bedeutend ab.

γ) Kanonenbronze, enthält circa 10 Theile Kupfer auf 1 Theil Zinn, und besitzt neben einer bedeutenden Härte eine grosse Elasticität und Zähigkeit.

c) Kupfer, Nickel und Zink.

Das Neusilber ist eine Legirung von Kupfer, Zink und Nickel oder Zinn, und zeichnet sich durch seine schöne silberweisse Farbe und seine bedeutende Politurfähigkeit aus, es hat sehr wechselnde Zusammensetzung. Häufig wird das Neusilber

galvanisch versilbert, und besitzt dann eine noch grössere Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkungen, wodurch sich überhaupt das Neusilber vor den reinen Metallen, aus denen es zusammengesetzt ist, auszeichnet. Es besteht im Wesentlichen aus 4 Theilen Kupfer, 1—3 Theilen Nickel und $1^1/_2$ Theilen Zink, welches letztere auch durch Zinn ersetzt sein kann. Die verschiedenen Sorten Neusilber gehen unter vielen Namen, z. B. **Argentan**, **Chinasilber**, **Alpaka** und **Weisskupfer**.

Eine ebenfalls Kupfer als Hauptbestandtheil enthaltende Legirung ist das Material der neuen schweizer Scheidemünze. welche aus Kupfer, Zink, Nickel und Silber besteht.

2. Legirungen des Bleis.

Blei wird vielfach mit Zinn legirt und bildet damit sehr leicht schmelzbare Metallgemische. Beimengungen von Wismuth, Antimon oder Kadmium erniedrigen den Schmelzpunkt noch mehr.

a) Blei und Zinn.

Das Schnellloth der Flaschner ist eine Legirung, welche aus nahezu gleichen Theilen Blei und Zinn besteht und deren Schmelzpunkt bei 193° C. liegt, also niedriger, als der des Zinnes (230° C.) und der des Bleis (326° C.). Ueberhaupt zeigen die Legirungen des Bleis mit Zinn merkwürdige Schmelzpunkte, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

Das reine Zinn schmilzt bei	230° C.
Eine Legirung aus 1 Blei und 3 Zinn schmilzt bei	194° C.
„ „ „ 1 „ „ 1 „ „ „	193° C.
„ „ „ 2 „ „ 1 „ „ „	235° C.
Das reine Blei schmilzt bei	326° C.

Die Legirung der Orgelpfeifen enthält neben Blei 4% Zinn; ausserdem ist die Legirung zu Schiffsnägeln, welche aus 3 Theilen Zinn, 2 Theilen Blei und 1 Theil Antimon besteht, und das Material, welches zum Auskleiden der Theekisten verwendet wird, und aus Blei, Zinn und wenig Kupfer besteht, von Wichtigkeit.

b) Blei und Antimon.

Das Metall der Buchdruckerlettern besteht aus 1 Theil Antimon und 4 Theilen Blei, und enthält manchmal etwas Zinn oder Kupfer.

3. Anderweitige Legirungen.

Es giebt noch eine ganze Reihe von Legirungen, von denen wir hier einige aufzählen wollen:

Britanniametall 10 Thle. Zinn, 1 Thl. Antimon;
Rose's Metall 1 „ „ 1 „ Blei, 2 Thle. Wismuth, schmilzt bei 93° C.
Newton's Metall 3 „ „ 5 „ „ 8 „ „ schmilzt bei 94°,5 C.
Wood's Legirung 4 „ „ 8 „ „ 15 „ „ 3 Thle. Kadmium, schmilzt bei 70° C.

Diese Legirungen sind durch ihre Leichtschmelzbarkeit ausgezeichnet, womit sie eine ziemlich bedeutende Härte verbinden; sie eignen sich daher zu manchen Verwendungen, wie namentlich zur Herstellung von Abgüssen als Clichés etc.

Wie die physikalischen Eigenschaften der Metalle durch verhältnissmässig geringe Beimengungen wesentlich modificirt werden, so erleiden auch die chemischen Eigenschaften Aenderungen, und es können daher durch geeignete Legirungen Reactionen eingeleitet und durchgeführt werden, zu welchen die reinen Metalle nicht zu gebrauchen sind. Natrium legirt sich mit Zink in sehr vielen Verhältnissen; man stellt die Legirungen beider Metalle durch Zusammenschmelzen derselben unter einer Decke von Kochsalz dar. Mit Zinn lassen sich ebenfalls durch Zusammenschmelzen Kalium und Natrium in vielen Verhältnissen legiren. In den Legirungen dieser Art haben Kalium und Natrium ein geringeres Vereinigungsbestreben, die Affinitäten des Zinks und des Zinns sind gesteigert und es erklären sich die, gegenüber der chemischen Wirkung der einzelnen Metalle eigenthümlichen, Wirkungen der Legirungen durch Gleichzeitigkeit der Einwirkung sowohl, als auch durch die Art der Zertheilung; während in einer Legirung von Zink und Natrium das Zink feiner zertheilt und deshalb chemisch wirksamer ist, erscheint das Natrium trotz feinerer Zertheilung wohl hauptsächlich deshalb mit geringerer Affinität begabt, weil seine einzelnen Theilchen durch Theile des viel schwächer wirkenden Zinks getrennt sind.

4. Amalgame.

Amalgame sind Legirungen der Metalle mit Quecksilber. Die meisten Metalle lassen sich leicht mit Quecksilber legiren, einzelne vermischen sich sogar unter sehr lebhafter Wärmeentwicklung damit. Je nach dem Gehalt der Amalgame an Quecksilber sind dieselben entweder fest und hart oder teigig und weich.

a) Natriumamalgam wird dargestellt, indem man kleine Stücke reinen Natriums auf schwach erwärmtes Quecksilber wirft. Die Reaction ist eine ziemlich heftige und begleitet von einer Feuererscheinung, da sich fast immer ein Theil des Natriums entzündet. Die Masse erwärmt sich sehr beträchtlich und bleibt deshalb, selbst bei hohem Natriumgehalt, dickflüssig. Das Natriumamalgam wird in chemischen Laboratorien sehr häufig dargestellt, da es ein äusserst bequemes Reductionsmittel ist. Man stellt für diesen Zweck ein Amalgam dar, welches selten mehr als 5% Natrium enthält; ein solches ist schon ganz fest und sehr hart; eine natriumreichere Legirung kann durch Zusammenschmelzen mit Natrium aus dieser erhalten werden.

Das Natriumamalgam ist grauweiss und krystallinisch, es zeigt die Reactionen des Natriums, nur viel schwächer, und eignet sich deshalb vortrefflich als Reductionsmittel, indem es, mit Wasser in Berührung, langsam Wasserstoff entwickelt. Wir werden viele seiner Anwendungen bei der Betrachtung der organischen Verbindungen kennen lernen.

b) Kaliumamalgam verhält sich genau so wie das Natriumamalgam.

c) Ammoniumamalgam wird erhalten beim Uebergiessen von Natriumamalgam mit einer Auflösung von Salmiak. Der Salmiak setzt sich mit dem Natrium nach folgender Gleichung um: $NH_4Cl + Na = NH_4 + NaCl$. Das Chlornatrium bleibt im Wasser gelöst, während sich das freiwerdende Ammonium mit dem abgeschiedenen Quecksilber des Natriumamalgams legirt. Das Ammoniumamalgam ist eine grauweisse schwammige Masse, die sich sehr leicht unter Abgabe von Ammoniak und Wasserstoff verändert (NH_4 zerfällt in NH_3 und H).

Die Existenz dieser Substanz wurde als Beweis für das Bestehen des freien Ammoniums angeführt, und würde auch von grossem Interesse sein, wenn bewiesen würde, dass wir es hier mit einer wirklichen Legirung zu thun haben und nicht etwa mit einem Gemisch von Ammoniak, Wasserstoff und Quecksilber. Die Entscheidung über diese Frage ist noch nicht getroffen, und es sind noch immer einzelne Chemiker damit beschäftigt, dieselbe zu lösen.

d) Zink-, Blei-, Wismuth-, Zinn-, Silber- und Goldamalgam werden leicht bei der Berührung der betreffenden Metalle mit Quecksilber erhalten, und bilden weisse bis graue, mehr oder weniger feste Massen. Durch Erhitzen kann man aus ihnen das Quecksilber vollständig austreiben.

Isomorphismus.

Wir haben bereits die Krystallgestalt einiger Stoffe angegeben, und auch schon auf interessante Beziehungen der Körper zu einander in Bezug auf ihre Krystallform aufmerksam gemacht, und wollen nun in einem besondern Abschnitte dieser Eigenschaft der Körper eine grössere Aufmerksamkeit widmen.

Es war früher allgemein angenommen, dass jeder Körper eine bestimmte, nur ihm eigne Krystallgestalt besitze, und dass folglich eben so viel verschiedene Krystallformen existiren müssen, als es chemisch charakterisirte Körper giebt. Mit der Entdeckung der Dimorphie einzelner Stoffe hat diese Ansicht schon bedeutend an Wahrscheinlichkeit verloren, und als man fand, dass es ganze Körperklassen giebt, deren gemeinschaftlicher Charakter ihre gleiche Krystallform ist, war sie natürlich ganz unhaltbar. Ausgehend von den ersten Beobachtungen in dieser Richtung, hat man allmählig eine gewisse Gesetzmässigkeit entdeckt, welche zu höchst interessanten theoretischen Resultaten geführt hat; es hat sich herausgestellt, dass zwischen der Zusammensetzung eines Körpers und seiner Krystallform eine bestimmte Beziehung existirt, welche gestattet vom einen auf das andere einen Rückschluss zu machen. Wenn diese Beziehung nun auch noch nicht vollständig aufgeklärt ist, und die daraus gezogenen Schlüsse auch noch etwas unsicher sind, so sind doch die bis jetzt bekannten Thatsachen interessant genug, um einer besonderen Betrachtung gewürdigt zu werden. Wir wollen zunächst nur eine Zusammenstellung der hierher gehörigen Thatsachen geben, und alle theoretischen Schlussfolgerungen auf ein späteres Kapitel verschieben.

Verbindungen von analoger Zusammensetzung und analogem chemischen Charakter zeigen in vielen Fällen gleiche Krystallform. Bei mehreren Gruppen solcher Verbindungen hat man beobachtet, dass ihre einzelnen Glieder die Eigenschaft haben, aus einer Lösung, welche mehrere derselben enthält, in Krystallen anzuschiessen, welche sämmtliche Bestandtheile, in wechselnden Mengen gemischt, enthalten; ferner sind die einzelnen Glieder solcher Gruppen im Stande, an einen fertig gebildeten Krystall eines Körpers derselben Gruppe aus ihrer Lösung anzuwachsen. Ein Beispiel mag das Gesagte erläutern: In eine Gruppe gehören die verschiedenen Alaune (pag. 136); vermischt man ihre Lösungen und lässt sie krystallisiren, so erhält man nicht etwa verschiedene Krystalle der einzelnen Alaune, sondern es bilden sich Krystalle, welche sämmtliche in Lösung gewesenen Alaune gleichzeitig enthalten; oder bringt man einen Krystall von Thonerdealaun in eine Auflösung von Chromalaun, so wächst ersterer, indem sich

Schichten von Chromalaun um ihn ansetzen; hängt man einen so gebildeten Krystall nun wieder in eine Lösung von Thonerdealaun, so lagern sich wieder weisse Schichten dieses Alauns an.

Diese Eigenschaft kommt nur den isomorphen Verbindungen zu, und man nennt demnach isomorphe Körper solche, welche die Eigenschaft haben, aus einer Lösung gemeinschaftlich zu krystallisiren, so dass sich jedes einzelne Krystallindividuum aus sämmtlichen vorhandenen Körpern zusammensetzt. Unter den genannten Umständen müssen diese Körper gleiche Krystallform besitzen.

Isomorphe Körper haben in der Regel analoge Zusammensetzung und Formel. In diesem Sinne können wir folgende wichtige Gruppen zusammen stellen, in welchen eine Reihe von in der Natur vorkommenden Verbindungen enthalten ist, hinsichtlich derer die Eigenschaft, aus einer Lösung mit isomorphen Körpern gemeinschaftlich zu krystallisiren, zwar selten erwiesen ist, aber meist aus Analogie gefolgert wird.

1. Alaune:

Kalithonerdealaun,	$Al_2O_3 3SO_3 + KOSO_3 + 24HO$;
Natronthonerdealaun,	$Al_2O_3 3SO_3 + NaOSO_3 + 24HO$;
Ammoniakthonerdealaun,	$Al_2O_3 3SO_3 + NH_4OSO_3 + 24HO$;
Kalichromalaun,	$Cr_2O_3 3SO_3 + KOSO_3 + 24HO$;
Kalieisenalaun,	$Fe_2O_3 3SO_3 + KOSO_3 + 24HO$;
Kalimanganalaun,	$Mn_2O_3 3SO_3 + KOSO_3 + 24HO$;

und die dem Natron- und Ammoniakthonerdealaun entsprechenden Natron- und Ammoniakchromalaune, -Eisenalaune und -Manganalaune. Die Alaune krystallisiren in regulären Octaëdern.

2. Einige schwefelsaure Salze:

a)	schwefelsaure Magnesia,	$MgOSO_3 + 7HO$;
	schwefelsaures Nickeloxydul,	$NiOSO_3 + 7HO$;
	schwefelsaures Zinkoxyd,	$ZnOSO_3 + 7HO$;
b)	schwefelsaurer Baryt (Schwerspath),	$BaOSO_3$;
	schwefelsaurer Strontian (Cölestin),	$SrOSO_3$;
	schwefelsaures Bleioxyd (Bleivitriol),	$PbOSO_3$.

3. Einige kohlensaure Salze:

a)	kohlensaurer Kalk (Aragonit),	$CaOCO_2$;
	kohlensaurer Baryt (Witherit),	$BaOCO_2$;
	kohlensaurer Strontian (Strontianit),	$SrOCO_2$;
	kohlensaures Bleioxyd (Weissbleierz),	$PbOCO_2$;

welche in rhombischen Formen in der Natur vorkommen, ferner:

b)	kohlensaurer Kalk (Kalkspath),	$CaOCO_2$;
	kohlens. Manganoxydul (Manganspath),	$MnOCO_2$;
	kohlens. Eisenoxydul (Spatheisensein),	$FeOCO_2$;

kohlensaure Magnesia (Bitterspath), $MgOCO_2$;
kohlensaures Zinkoxyd (Zinkspath), $ZnOCO_2$;
welche in Rhomboëdern krystallisiren.

4. Eine Reihe von Haloidsalzen und Haloiddoppelsalzen:

a) Chlorkalium, KCl;
Chlorammonium, NH_4Cl;

ferner: b) Kaliumplatinchlorid, $KCl + PtCl_2$;
Ammoniumplatinchlorid, $NH_4Cl + PtCl_2$;
Chlorkalium-Zinnchlorid, $KCl + SnCl_2$;
Kaliumiridiumchlorid, $KCl + JrCl_2$;

ferner: c) Chlorsilber, $AgCl$;
Chlornatrium, $NaCl$;
Bromnatrium, $NaBr$;
Jodnatrium, NaJ;

ferner Verbindungen der letzteren mit Krystallwasser:

d) $NaCl + 4HO$;
$NaBr + 4HO$;
$NaJ + 4HO$;

ferner: e) Chlorbaryum, $BaCl + 2HO$;
Brombaryum, $BaBr + 2HO$;

5. Einige phosphorsaure und arsensaure Salze:

a) phosphorsaures Kali, $KO2HO.PO_5$;
phosphorsaures Ammoniak, $NH_42HO.PO_5$;
arsensaures Kali, $KO2HO.AO_5$;
arsensaures Ammoniak, $NH_4O2HO.AO_5$;

b) phosphorsaures Ammoniak, $2NH_4O.HOPO_5$;
arsensaures Ammoniak, $2NH_4O.HOAsO_5$;

c) phosphorsaures Natron, $2NaO.HOPO_5 + 24HO$;
arsensaures Natron, $2NaO.HOAsO_5 + 24HO$;

d) dieselben Salze mit 14 Aeq. Wasser;

e) phosphors. Natron-Ammoniak, $NaONH_4OHOPO_5 + 8HO$;
arsensaures Natron-Ammoniak, $NaONH_4OHOAsO_5 + 8HO$;

f) phosphors. Ammoniak-Magnesia, $2MgO.NH_4OPO_5 + 12HO$;
arsensaure Ammoniak-Magnesia, $2MgO.NH_4OPO_5 + 12HO$.

6. Schwefelsaure, chromsaure und mangansaure Salze sind häufig isomorph.

7. Eine Anzahl Oxyde:

a) Magnesia, MgO;
Manganoxydul, MnO;
Kadmiumoxyd, CdO;
Nickeloxydul, NiO;

b) Eisenoxyd, Fe_2O_3;
Chromoxyd, Cr_2O_3;
Thonerde, Al_2O_3;

c) Zinnoxyd (Zinnstein), SnO_2;
Titansäure (Rutil), TiO_2;

d) Oxyde von der allgemeinen Formel MOM_2O_3:
Spinell, $MgOAl_2O_3$; Magneteisenstein, $FeOFe_2O_3$;
Gahnit, $ZnO Al_2O_3$; Franklinit, $ZnOFe_2O_3$;
Hercinit, $FeOAl_2O_3$; Chromeisenstein, $FeOCr_2O_3$;

e) Anhydrid der arsenigen Säure, AsO_3;
Antimonoxyd, SbO_3.

Diese beiden letzteren Verbindungen sind dimorph und in beiden Formen isomorph, man nennt sie deshalb i s o d i m o r p h.

8. Einige Schwefel-, Arsen- und Antimonverbindungen:

a) Kobaltglanz, $CoAs + CoS_2$;
Nickelglanz, $NiAs + NiS_2$;
Nickelantimonglanz, $NiSb + NiS_2$;

b) Schwefelzink (Zinkblende), ZnS;
Schwefelcadmium, CdS;

c) Lichtes Rothgiltigerz, $3AgS + AsS_3$;
Dunkles Rothgiltigerz, $3AgS + SbS_3$;

d) Schwefelarsen, AsS_3;
Schwefelantimon, SbS_3.

Wir haben hier, ohne Rücksicht auf die Krystallform geordnet, Gruppen isomorpher Verbindungen zusammengestellt, und wenn damit auch entfernt nicht die Zahl der Gruppen isomorpher Körper erschöpft ist, so ist doch die wichtige Thatsache daraus zu ersehen, dass isomorphe Verbindungen analoge Formeln haben. Diese Beobachtung darf jedoch keineswegs zu der Ansicht verleiten, dass alle analog zusammengesetzten Verbindungen gleiche Krystallgestalt besässen, eine Ansicht, die sich bei genauer Betrachtung der gegebenen Zusammenstellung als unhaltbar erwiese, da mehrere Reihen ähnlicher Verbindungen als von einander verschieden in Bezug auf Krystallform aufgeführt sind, z. B. die kohlensauren Salze, die schwefelsauren Salze, ferner die Haloidsalze, und da ausserdem die Dimorphie mancher Körper selbstverständlich gleiche Krystallgestalt, als Bedingung der chemischen Aehnlichkeit der Körper, ausschliesst.

Wenn wir, gestützt auf die gleiche Krystallform der Körper, Isomorphie annehmen, so können wir dieselbe als eine Folge der Gleichgestaltigkeit gewisser Bestandtheile derselben ansehen, und wir kommen alsdann zu dem Schluss, dass gewisse Metalle selbst isomorph sind, was für die Beurtheilung der Zusammensetzung der meisten Mineralien von der grössten Wichtigkeit ist. Die kohlensauren Salze von Kalk, Baryt, Strontian und Bleioxyd sind isomorph; da in denselben nur die Metalle verschieden sind, so können wir annehmen, dass Calcium, Baryum, Strontium und Blei isomorph sind, weil durch Eintritt dieser Metalle in die Verbindung stets dieselbe Krystallform erhalten wird und weil man

ausserdem Grund hat anzunehmen, dass das Metall die physikalischen Eigenschaften eines Salzes bedinge, dass folglich, da gleiche Wirkungen gleiche Ursachen haben, auch die genannten Metalle den gleichen Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften der Salze, z. B. die Krystallform, ausüben, woraus dann mit Nothwendigkeit hervorgeht, dass sie selbst isomorph sein müssen. Ein noch interessanteres Beispiel bieten die Alaune; Thonerde-, Eisen- und Chromalaun sind isomorph; die Bestandtheile, wodurch sich diese Verbindungen von einander unterscheiden, sind Al_2O_3, Fe_2O_3 und Cr_2O_3, und es wäre damit die Isomorphie dieser Oxyde erwiesen; eine Stütze erhält diese Ansicht in der Existenz der isomorphen Mineralien, Hercinit, $FeO\,Al_2O_3$, Magneteisenstein, $FeOFe_2O_3$, und Chromeisenstein, $FeOCr_2O_3$, in welchen jene drei Oxyde gleichfalls die unterscheidenden Bestandtheile sind. Die Annahme des Isomorphismus derselben ist damit sehr viel wahrscheinlicher, und erlangt ihre Bestätigung durch die freien Oxyde selbst, welche sich als gleichgestaltig erweisen. Es lassen sich aus der gegebenen Zusammenstellung noch eine Reihe ähnlicher Beispiele herausgreifen.

Der Umstand, dass Verbindungen, sowohl in einer, als auch in einer anderen Reihe isomorpher Körper vorkommen, findet seine Erklärung in der Dimorphie solcher Körper, die, wenn sie noch nicht erwiesen ist, doch darauf hin angenommen werden muss.

Gestützt auf obige Betrachtung, können wir folgende Gruppen isomorpher Elemente zusammenstellen:

a) Natrium und Silber; isomorph in den Chlorverbindungen und schwefelsauren Salzen.

b) Kalium und Ammonium; isomorph in den Chlorverbindungen, schwefelsauren Salzen und namentlich in den Doppelsalzen der letzteren. In den Alaunen ist auch ein Fall von Isomorphie dieser beiden mit Natrium bekannt.

c) Calcium, Baryum, Strontium und Blei; isomorph in den kohlensauren und z. Th. in den schwefelsauren Salzen.

d) Calcium, Magnesium, Eisen, Mangan und Zink; isomorph in den kohlensauren Salzen (Calcium im Kalkspath).

e) Magnesium, Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel, Zink, Kadmium und Kupfer; isomorph in den Doppelsalzen ihrer schwefelsauren Salze mit schwefelsaurem Kali, welche nach der Formel $(MOSO_3 + KOSO_3 + 6HO)$ zusammengesetzt sind, in welcher M jedes der obigen Metalle sein kann.

f) Mangan, Eisen, Chrom und Aluminium; isomorph in den Alaunen, in den Mineralien, welche zur Klasse der Spinelle gehören und in den Oxyden selbst.

g) Platin und Palladium; isomorph in den Kalium-Doppelsalzen ihrer Chloride.

h) Schwefel, Mangan und Chrom; isomorph in den Salzen ihrer Säuren.

i) Phosphor, Arsen und Antimon; isomorph in den Salzen ihrer Säuren; die beiden letzteren noch in ihren Schwefelverbindungen, AsS_3 und SbS_3, und einer Reihe von Mineralien.

k) Chlor, Brom und Jod; isomorph in den Verbindungen mit vielen Metallen, ferner in den Salzen ihrer Sauerstoffsäuren, als Chlorsäure, Bromsäure und Jodsäure; Fluor ist in einigen Verbindungen isomorph mit den übrigen Halogenen.

Der Umstand, dass einzelne Elemente, wie z. B. Calcium, in mehreren Gruppen auftreten, erklärt sich aus der Dimorphie derselben; aber für andere, z. B. das Mangan und Eisen, müssten wir nicht Dimorphie, sondern, nach unserer Zusammenstellung, schon Trimorphie annehmen, denn sie erscheinen in drei Gruppen. Bei genauerer Durchsicht der sämmtlichen bekannten Mangan- und Eisenverbindungen würde sich herausstellen, dass dieselben in noch mehrere Gruppen eingereiht werden könnten, und dass wir folglich für diese Elemente Polymorphie annehmen müssten, was natürlich den ganzen Werth der Krystallform illusorisch machen würde. Wir müssen in solchen Fällen mit einem Auskunftsmittel nachhelfen, welches allerdings selbst die Bedeutung der Isomorphie complicirter zusammengesetzter Verbindungen in Frage stellt. Sind z. B. die drei Verbindungen

$$MnOSO_3 + KOSO_3 + 6HO$$
$$FeOSO_3 + KOSO_3 + 6HO$$
$$NiOSO_3 + KOSO_3 + 6HO$$

isomorph, so ist es doch noch eine Frage, ob wir daraus die Isomorphie von Eisen, Mangan und Nickel schliessen dürfen; die Verbindungen enthalten so beträchtliche Mengen übereinstimmender Bestandtheile, dass man deren Isomorphie wohl damit erklären könnte, indem die Einführung selbst ganz verschiedener Elemente keine Störung im Gleichgewicht der Krystallform hervorbringen kann. Durch die 87 Procente gemeinsamen Bestandtheils ist die Krystallform so fest bestimmt, dass durch Eintritt von 13 Procenten eines Metalls keine Aenderung und keine Beeinflussung stattfinden kann, dass demnach das schwere Metall nicht die Bedingung für die Krystallform ist, dass folglich auch nicht aus der Isomorphie dieser Doppelsalze auf die Isomorphie der Elemente geschlossen werden kann. In den oben angeführten Fällen, wo wir den Isomorphismus von Elementen aus dem Isomorphismus ihrer Verbindungen ableiteten, waren letztere entweder selbst sehr einfach zusammengesetzt, und das fragliche Element bildete einen

wesentlichen Bestandtheil, oder die Isomorphie der complicirten Verbindungen wiederholte sich in einfacheren.

Der Isomorphismus hat, wie schon gesagt, für die Erklärung der Zusammensetzung der meisten Mineralien eine grosse Bedeutung. Isomorphe Körper können einander in Verbindungen vertreten, ohne dass Formveränderung nöthig ist, und es können auf diese Weise complicirte Verbindungen entstehen, deren Formel jedoch auf einen höchst einfachen Ausdruck zurückgeführt werden kann. Wir werden diesen Gegenstand im mineralogischen Theil ausführlicher betrachten.

Die theoretischen Folgerungen, welche sich aus dem Isimorphismus ziehen lassen und für die Feststellung der Formeln von Wichtigkeit sind, werden im Zusammenhang mit anderen theoretischen Fragen abgehandelt werden.

Bestimmung des Aequivalentgewichtes der Elemente.

Wie das Aequivalentgewicht eines Elementes lediglich das Gewichtsverhältniss der sich verbindenden Stoffe bedeutet, so kann man auch durch genaue Feststellung der Zusammensetzung irgend einer Verbindung die Aequivalentgewichte der einzelnen Bestandtheile ermitteln, wenn man anders die Formel der Verbindung kennt. Ein Beispiel wird die Methode verständlich machen. Gesetzt der Fall, wir wollten das Aequivalentgewicht des Schwefels bestimmen, so würden wir die Zusammensetzung irgend einer Schwefelverbindung ermitteln und alsdann daraus das Aequivalentgewicht berechnen können, wenn die Formel dieser Schwefelverbindung bekannt ist. Dass wir die Formel einer Verbindung nicht aus seiner Zusammensetzung bestimmen können, wenn wir das Aequivalentgewicht eines Bestandtheils nicht kennen, ist, nach den in der Einleitung gegebenen Erörterungen, klar. Nehmen wir als Schwefelverbindung die wasserfreie schweflige Säure; die Zusammensetzung dieser Verbindung ist höchst einfach, denn sie besteht aus gleichen Theilen Schwefel und Sauerstoff. Da wir in diesem Fall das Aequivalentgewicht des Sauerstoffs kennen müssen, so werden wir etwa sagen: Mit 8 Theilen Sauerstoff sind 8 Theile Schwefel verbunden, oder mit 1 Aequivalent Sauerstoff sind 8 Theile Schwefel verbunden; ob nun diese 8 Theile Schwefel $^1/_2$, 1 oder 2 Aequivalente Schwefel repräsentiren, können wir nur bestimmen, wenn wir die Formel der wasserfreien schwefligen Säure kennen, d. h. wenn wir wissen, in welchem Verhältniss die An-

zahl der Aequivalente beider Bestandtheile in der wasserfreien schwefligen Säure zu einander stehen. Kennen wir dieses Verhältniss und wissen wir, dass es gleich 1 zu 2 ist, so sagen wir: Mit 2 Aequivalenten Sauerstoff ist 1 Aequivalent Schwefel, oder mit 16 Gewichtstheilen Sauerstoff sind 16 Gewichtstheile Schwefel verbunden; 16 Gewichtstheile Sauerstoff sind gleich 2 Aequivalenten Sauerstoff, folglich sind 16 Gewichtstheile Schwefel gleich 1 Aequivalent Schwefel.

Es ist danach also die erste Bedingung für die Bestimmung des Aequivalents eines Elementes, dass man die Formel irgend einer seiner Verbindungen kennt. Wie wir bei den Aequivalenten von einer bestimmten, übrigens beliebig gewählten Einheit ausgehen, so müssen wir auch bei der Feststellung der Formeln von einer Einheit ausgehen.

Nachdem hiermit der Weg angedeutet ist, wollen wir die weiteren Ausführungen über diesen Gegenstand verschieben, bis wir, in Folge eingehenderer Betrachtung der Eigenschaften der Körper, zu einer genaueren Kenntniss des Verhältnisses, in welchem Aequivalente und Atome der Körper zu einander stehen, gelangt sind. Wir werden alsdann im Stande sein, die Formeln der Verbindungen vom Standpunkte der Atomistik festzustellen, und haben dann zur Bestimmung des Atomgewichts der Elemente genau denselben Weg einzuschlagen, welchen wir jetzt für die Bestimmung der Aequivalentgewichte einschlagen würden.

Dritter Theil.

Nachweisung und quantitative Bestimmung anorganischer Körper.

Die chemische Analyse hat die Aufgabe, die chemischen Bestandtheile der Körper zu ermitteln und zu bestimmen; sie bedient sich dabei sehr verschiedener Methoden, welche jedoch alle darin übereinstimmen, das Verhalten der Körper gegen gewisse chemische Reagentien festzustellen, um daraus einerseits die Anwesenheit dieses oder jenes Elementes zu erkennen, andererseits die Wege zu entdecken, auf welchen man, behufs Wägung, die Bestandtheile abscheiden und, wenn nöthig, isoliren kann. Man unterscheidet nun eine qualitative Analyse, welcher lediglich die Erkennung der Bestandtheile obliegt, und eine quantitative Analyse, welche die Aufgabe hat, die Gewichtsmengen der Bestandtheile eines Körpers zu bestimmen. Letzterer muss selbstverständlich immer die qualitative Analyse vorausgehen.

Wir können in diesem Lehrbuch nicht eine eingehende Behandlung dieses Theiles der chemischen Wissenschaften vornehmen, sondern müssen uns auf die Feststellung der bei der Analyse einzuhaltenden Principien beschränken, indem wir in der qualitativen Analyse lediglich die wichtigsten Elemente berücksichtigen wollen, und in der quantitativen Analyse hauptsächlich die Methoden zur Ueberführung der Körper in einen sicher wägbaren Zustand und, damit im Zusammenhang, einige der wichtigsten Trennungsmethoden beschreiben. Die Anführung specieller analytischer Methoden kann hiernach begreiflicherweise nur wenig Raum in Anspruch nehmen, und verweisen wir in Bezug darauf, wie auf alle analytischen Details auf die ausführlichen Handbücher der chemischen Analyse.

Die Eintheilung in zwei Theile, nämlich in qualitative und quantitative Analyse, liegt auf der Hand.

Qualitative Analyse.

A. Verhalten der Körper gegen Reagentien.

I. Gruppe der Alkalimetalle.

a) Verhalten der Kalisalze gegen Reagentien.

1. Die Kalisalze sind zum grössten Theil in Wasser löslich, und ihre wässerigen Lösungen sind farblos, wenn die Säure farblos ist. Dampft man eine Lösung eines Kalisalzes zur Trockne ein, so bleibt ein bei Glühhitze nicht flüchtiger Rückstand. Durch Schwefelwasserstoffgas, Schwefelwasserstoffwasser und Schwefelammonium werden Kalisalze nicht gefällt.
2. Schwefelsaure Thonerde bringt in concentrirten Lösungen der Kalisalze nach einiger Zeit einen krystallinischen Niederschlag von Alaun hervor.
3. Platinchlorid erzeugt in nicht verdünnten Lösungen einen gelben krystallinischen Niederschlag von Kaliumplatinchlorid, $PtCl_2 + KCl$.
4. Weinsäure liefert, mit den Lösungen der Kalisalze zusammengebracht, einen weissen krystallinischen Niederschlag von saurem weinsaurem Kali.
5. Kalisalze färben die Weingeistflamme oder die nicht leuchtende Gasflamme violett. Durch eine geringe Menge von Natron wird übrigens diese Farbe verdeckt und erscheint erst wieder sichtbar beim Beschauen durch ein blau gefärbtes Glas. (Man bedient sich hierzu am besten eines prismatischen Glasgefässes, in welchem sich Indigolösung befindet.)

b) Verhalten der Natronsalze gegen Reagentien.

6. Die bei 1 angeführten Eigenschaften der Kalisalze kommen auch den Natronsalzen zu.
7. Durch schwefelsaure Thonerde, Platinchlorid und Weinsäure wird Natron selbst aus concentrirten Lösungen nicht gefällt.
8. Eine Lösung von pyroantimonsaurem Kali erzeugt einen

weissen, krystallinischen, in Salzsäure löslichen Niederschlag von pyroantimonsaurem Natron.

9. Natriumverbindungen färben die Weingeistflamme oder die nicht leuchtende Gasflamme intensiv gelb. Dieses Verhalten ist äusserst charakteristisch, muss jedoch bei der qualitativen Analyse deshalb mit Vorsicht angewandt werden, weil selbst minimale Spuren von Natron eine sehr intensive Flamme geben. Man stellt die Reaction meist in der Weise an, dass man von der zu untersuchenden Substanz ein wenig an einen Platindraht bringt, und diesen alsdann in die Flamme hält. Hat man den Platindraht vorher nicht ausgeglüht, und beobachtet, dass er selbst keine Flammenfärbung hervorbringt, so ist die Reaction unsicher; ein Platindraht, wie jeder Gegenstand, der an der Luft in Arbeitsräumen liegt, bedeckt sich bald mit einer Staubschicht, welche natronhaltig ist und veranlasst, dass der Platindraht beim Glühen die Flamme gelb färbt.

c) Verhalten der Ammoniaksalze gegen Reagentien.

10. Die bei 1 angeführten Eigenschaften kommen auch den Ammoniaksalzen zu, mit der Ausnahme, dass der Abdampfungsrückstand ihrer Lösungen in der Glühhitze flüchtig ist.

11. Platinchlorid erzeugt in concentrirten Lösungen der Ammoniaksalze einen gelben, krystallinischen Niederschlag von Ammoniumplatinchlorid, $PtCl_2 + NH_4Cl$.

12. Weinsäure bringt in den concentrirten Lösungen der Ammoniaksalze einen weissen, krystallinischen Niederschlag von saurem weinsaurem Ammoniak hervor.

13. Die charakteristischste Reaction der Ammoniaksalze ist ihr Verhalten beim Kochen ihrer Lösungen mit Kali-, Natronlauge oder Kalkmilch, wobei sich Dämpfe von Ammoniak entwickeln, die einerseits am Geruch erkennbar sind, andererseits durch befeuchtetes rothes Lackmuspapier, welches blau gefärbt wird, nachgewiesen werden können. Diese Dämpfe liefern ferner dicke weisse Nebel von Salmiak, sobald sie in die Nähe eines mit Salzsäure befeuchteten Gegenstandes kommen.

14. Die Weingeistflamme oder die nicht leuchtende Gasflamme werden durch Ammoniaksalze nicht verändert.

d) Nachweisung der Alkalien und des Ammoniaks nebeneinander und Trennung derselben.

15. Zur Nachweisung der Alkalien und des Ammoniaks nebeneinander kann man sich am einfachsten des Verhaltens der beiden fixen Alkalien in der Flamme bedienen, wobei man in der Weise verfährt, dass man die Flamme zuerst mit blossem Auge betrachtet und dann, im Falle sie gelb erscheint, wodurch Natrium nachgewiesen ist, durch ein blaues Glas, wobei nun

an dem Erscheinen einer violetten Flamme das Kalium erkannt werden kann. Das Ammoniak ist an seinem Geruch zu erkennen und, im Falle es sich in Verbindung mit einer Säure befindet, nach dem Kochen der zu prüfenden Substanz mit Kalilauge.

16. Die Trennung der Alkalien und des Ammoniaks von einander ist ebenfalls nicht schwierig, da die Ammoniaksalze beim Glühen flüchtig sind, man also die zu prüfende Substanz nur zu glühen braucht, um Ammoniakverbindungen zu verjagen; man hat alsdann nur noch mit Kalium- und Natriumverbindungen zu thun, welche mit Hülfe ihres verschiedenen Verhaltens gegen Platinchlorid leicht getrennt werden können. Man versetzt zu diesem Behufe die Lösung des erhaltenen Glührückstandes mit Platinchlorid und Weingeist, wodurch Kaliumplatinchlorid gefällt wird, und kann im Filtrat alsdann nach Abscheidung des Platins mit Schwefelwasserstoff oder nach dem Glühen des durch Verdampfen des Filtrats erhaltenen Rückstandes, das Natrium leicht nachweisen. Behufs qualitativer Nachweisung werden die fixen Alkalien übrigens nicht getrennt.

II. Gruppe der Erdalkalimetalle.

a) Verhalten der Barytsalze gegen Reagentien.

17. Die Barytsalze der Salzsäure und Salpetersäure sind in Wasser löslich, die der Schwefelsäure und Kohlensäure unlöslich. Salzsäure, Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium bringen in den Auflösungen der Barytsalze keine Niederschläge hervor.
18. Verdünnte Schwefelsäure oder Lösungen schwefelsaurer Salze fällen die Barytsalze weiss, als schwefelsauren Baryt.
19. Kohlensaures Ammoniak oder kohlensaures Natron und Kali fällen aus Barytsalzlösung weissen kohlensauren Baryt; der Niederschlag ist in Säuren leicht löslich. Die Fällung ist bei Anwendung von kohlensaurem Ammoniak nur nach dem Kochen vollständig.
20. Kieselfluorwasserstoffsäure fällt nach einiger Zeit weisses krystallinisches Kieselfluorbaryum, ($SiFl_2 + BaFl$).
21. Oxalsaures Ammoniak fällt aus concentrirten Barytsalzlösungen weissen, krystallinischen, oxalsauren Baryt, der in Säuren löslich ist.
22. Chromsaures Kali erzeugt einen gelben Niederschlag von chromsaurem Baryt.
23. Freie Alkalien und Ammoniak bewirken in verdünnten Lösungen keine Fällung; Ammoniak auch nicht in concentrirten.

24. Barytsalze färben die Flamme grün.

b) Verhalten der Strontiansalze gegen Reagentien.

25. Das bei 17 Angeführte gilt auch für die Strontiansalze.

26. Schwefelsäure, oxalsaures Ammoniak, kohlensaure und freie Alkalien und Ammoniak, sowie chromsaures Kali verhalten sich gegen Strontiansalz ganz ähnlich wie gegen Barytsalze, und es unterscheiden sich die Reactionen nur durch die verschiedenen Grade der Concentration der Strontiansalzlösungen, welche zu ihrer Entstehung nöthig sind; so fällt Schwefelsäure die Strontiansalze schwerer als die Barytsalze, Oxalsäure dagegen bewirkt selbst in verdünnten Lösungen noch eine Fällung.

27. Kieselfluorwasserstoffsäure bewirkt in Strontiansalzlösungen keine Fällung.

28. Strontiansalze färben die Flamme schön carminroth.

c) Verhalten der Kalksalze gegen Reagentien.

29. Das bei 17 Angeführte gilt auch für die Kalksalze.

30. Schwefelsäure fällt nur aus den concentrirten Kalksalzlösungen krystallinischen schwefelsauren Kalk.

31. Oxalsaures Ammoniak bewirkt selbst in sehr verdünnten Kalksalzlösungen eine weisse Fällung von oxalsaurem Kalk, der in Säuren löslich ist.

32. Kohlensaures Ammoniak und kohlensaure Alkalien fällen selbst aus verdünnter Lösung zuerst flockigen, beim Kochen krystallinisch werdenden kohlensauren Kalk, der in Säuren leicht unter Aufbrausen löslich ist.

33. Kieselfluorwasserstoffsäure und chromsaures Kali bringen selbst in concentrirten Lösungen keine Fällungen hervor.

34. Freie Alkalien erzeugen in den Lösungen der Kalksalze Niederschläge von Kalkhydrat. Ammoniak bewirkt keine Fällung.

35. Kalksalze färben die Flamme gelbroth.

d) Verhalten der Magnesiasalze gegen Reagentien.

36. Die Magnesiasalze der Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure sind in Wasser löslich, die der Kohlensäure und Phosphorsäure sind unlöslich. Gegen Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium verhalten sich die Magnesiasalze wie die Salze der übrigen Erdalkalimetalle.

37. Kohlensaure Alkalien erzeugen in den Lösungen der Magnesiasalze einen weissen Niederschlag von basisch kohlensaurer Magnesia, der in Salmiak und anderen Ammoniaksalzen leicht löslich ist, durch Kochen jedoch wieder aus der Lösung gefällt wird.

38. Kohlensaures Ammoniak erzeugt erst beim Erwärmen eine Fällung, die sich ähnlich verhält.
39. Kalilauge und Natronlauge fällen alle Magnesia als Magnesiahydrat. Durch Salmiak und andere Ammoniaksalze wird die Fällung verhindert oder der schon entstandene Niederschlag gelöst. Barytwasser (wässerige Lösung von Barythydrat) verhält sich ebenso wie Kalilauge.
40. Ammoniak erzeugt in Magnesiasalzlösungen einen voluminösen weissen Niederschlag von Magnesiahydrat; es kann übrigens hierbei nur die Hälfte der Magnesia gefällt werden, da sich ein Doppelsalz des Magnesiasalzes mit einem Ammoniaksalz, welches durch Ammoniak nicht zersetzt wird, nach folgender Gleichung bei der Zersetzung der schwefelsauren Magnesia bildet:
$2MgOSO_3 + NH_4O + HO = MgOHO + (MgOSO_3 + NH_4OSO_3)$.
Der Bildung solcher, durch Alkalien bei gewöhnlicher Temperatur nicht zersetzbarer Magnesia-ammoniakdoppelsalze, ist die Löslichkeit der basisch kohlensauren Magnesia und des Magnesiahydrats in Ammoniaksalzlösungen zuzuschreiben.
41. Phosphorsaures Natron erzeugt in Magnesiasalzlösungen einen weissen Niederschlag von phosphorsaurer Magnesia; die vorher neutrale Flüssigkeit nimmt dabei eine saure Reaction an. Der Niederschlag ist in viel Wasser löslich. Bringt man dagegen noch Ammoniak hinzu, so bildet sich ein krystallinischer Niederschlag, der in Wasser kaum löslich ist und aus phosphorsaurer Ammoniakmagnesia besteht. Dieses Verhalten bietet die beste und empfindlichste Reaction auf Magnesia. In Säuren ist der Niederschlag ganz löslich.
42. Oxalsäure, Schwefelsäure, Kieselfluorwasserstoffsäure und chromsaures Kali erzeugen in den Magnesiasalzlösungen keine Niederschläge.

e) Zusammenstellung, Trennung der Erdalkalimetalle von einander.

43. Das verschiedene Verhalten der Magnesia und der übrigen Erdalkalien gegen kohlensaures Ammoniak in einer Salmiak enthaltenden Lösung bietet ein sehr bequemes Mittel zur Trennung. Baryt und Strontian lassen sich ausserdem durch Schwefelsäure von der Magnesia trennen und Kalk durch oxalsaures Ammoniak, welches die Magnesia bei Gegenwart von Salmiak nicht fällt.
44. Schwieriger ist die Trennung von Baryt, Strontian und Kalk; man kann dabei in folgender Weise verfahren, da es sich behufs qualitativer Nachweisung nicht um eine absolute Scheidung, sondern nur um eine annähernde handelt: Die Lösung der drei Salze wird mit zur vollständigen Fällung unzureichender Menge von Schwefelsäure versetzt, wodurch Baryt völlig,

Strontian theilweise oder ganz, Kalk gar nicht oder theilweise niedergeschlagen wird. Der Niederschlag wird ausgewaschen und mit kohlensaurem Natron in der Kälte digerirt, wobei sich der schwefelsaure Strontian in kohlensauren Strontian umwandelt, während schwefelsaurer Baryt unverändert bleibt; alsdann wird der Niederschlag mit Wasser gewaschen, um alles gebildete schwefelsaure Natron zu entfernen und hierauf mit Salzsäure behandelt, welche den kohlensauren Strontian unter Aufbrausen löst und schwefelsauren Baryt zurücklässt. In der Lösung lässt sich Strontian und im Rückstand Baryt leicht nachweisen; bei der Nachweisung des Baryts in diesem Rückstand kann man folgendermaassen verfahren: Man trocknet denselben, mischt ihn mit kohlensaurem Natron und schmilzt dieses Gemisch in einem sog. Holzkohlengrübchen, wobei der schwefelsaure Baryt in kohlensauren verwandelt wird, während das gleichzeitig entstandene schwefelsaure Natron zu Schwefelnatrium reducirt wird. Die Schmelze löst man in Salzsäure auf und erhält hierauf eine Lösung von Chlorbaryum, welche an ihrem Verhalten gegen Kieselfluorwasserstoffsäure erkannt werden kann; das Filtrat von dem anfänglich durch wenig Schwefelsäure erhaltenen Niederschlag prüft man mit oxalsaurem Ammoniak auf Kalk.

45. Die Trennung der drei Erdalkalien, Baryt, Strontian und Kalk, ist übrigens nicht immer, sondern nur behufs Nachweisung des Strontians bei gleichzeitiger Anwesenheit von Baryt und Kalk nothwendig. Ist Strontian nicht vorhanden, so genügt die Reaction auf Kalk mit oxalsaurem Ammoniak nach dem Uebersättigen mit Schwefelsäure und Filtriren; in einer zweiten Portion, zur Nachweisung des Baryts, das Versetzen mit einer Auflösung von schwefelsaurem Kalk, welche einen weissen Niederschlag von schwefelsaurem Baryt hervorbringt. Ist kein Baryt, aber Strontian vorhanden, so kann man letzteren ebenfalls durch Gypslösung nachweisen, welche eine weisse Fällung erzeugt; Kalk wird wieder mit oxalsaurem Ammoniak nachgewiesen. Hat man etwa nur Baryt und Strontian, so kann man durch eine Auflösung von schwefelsaurem Strontian, welche Spuren des Salzes enthält, den ersteren nachweisen und Strontian in einer zweiten Portion, nach Ueberführung der Salze in Chlormetalle, durch Eindampfen zur Trockne, Extraction des Rückstandes mit Alkohol und Anzünden desselben, nach dem Abfiltriren von ungelöst bleibendem Chlorbaryum; die Flamme wird roth sein, da sich Chlorstrontium aufgelöst hat.

46. Das Verhalten der Erdalkalien gegen phosphorsaures Natron und einiger derselben gegen oxalsaures Ammoniak ist bemer-

kenswerth. Die Phosphorsäure ist eine dreibasische Säure, welche mit den Erdalkalien sowohl neutrale, als auch saure Salze bildet; letztere sind in Wasser löslich, erstere nicht. Versetzt man darum die Auflösung eines Erdalkalisalzes mit phosphorsaurem Natron, so entsteht ein Niederschlag, der das neutrale Salz ist. Derselbe ist in Säuren auflöslich, in Folge der Bildung eines sauren Salzes; durch Basen wird alsdann wieder das neutrale phosphorsaure Salz gefällt; ganz ähnlich verhält sich Oxalsäure, welche eine zweibasische organische Säure ist. Die Reactionen verlaufen z. B. beim Kalk nach folgenden Gleichungen:

$2CaCl + 2NaO.HOPO_5 = 2NaCl + 2CaO.HOPO_5$; (unlösl. in Wasser)

$2CaO.HOPO_5 + HCl = CaCl + CaO2HO.PO_5$; (löslich in Wasser)

$CaCl + CaO2HO.PO_5 + NH_3 = NH_4Cl + 2CaO.HOPO_5$.

Aus diesem Verhalten ist ersichtlich, dass Phosphorsäure neben Kalk in einer neutral reagirenden Flüssigkeit nicht enthalten sein, dass man folglich Kalk auch nicht durch das gewöhnliche Reagens, nämlich oxalsaures Ammoniak, nachweisen kann, weil dessen Anwendung eine neutrale Lösung voraussetzt; man muss behufs der Nachweisung des Kalks in solchen Fällen die Phosphorsäure zuerst entfernen. Genau das Gleiche gilt für die Magnesia. Baryt und Strontian können zwar bei Gegenwart von Phosphorsäure leicht nachgewiesen werden, weil die beste Reaction für diesen Zweck, nämlich die mit Schwefelsäure, auch in saurer Lösung möglich ist.

f) Trennung der Erdalkalien von den eigentlichen Alkalien.

47. Das Verhalten der Erdalkalien gegen Schwefelsäure, oxalsaures Ammoniak und phosphorsaures Natron bietet ein bequemes Mittel, dieselben bei Gegenwart der eigentlichen Alkalien nachzuweisen und von diesen zu trennen. Man verfährt zur Trennung jedoch folgendermaassen: Durch überschüssige Schwefelsäure werden zunächst Baryt und Strontian gefällt (α) und im Filtrat, nach dem Uebersättigen mit Ammoniak, durch oxalsaures Ammoniak der Kalk (β); das Filtrat von diesem Niederschlag wird alsdann eingedampft, der trockne Rückstand behufs Verjagung der Ammoniaksalze geglüht, der Glührückstand mit Wasser aufgenommen und zur Fällung der Magnesia mit Barytwasser im Ueberschuss versetzt und gekocht, von dem ausgeschiedenen Magnesiahydrat abfiltrirt und im Filtrat mit Schwefelsäure der Baryt gefällt und filtrirt (γ); das nun erhaltene Filtrat kann nur die fixen Alkalien enthalten. Ammoniak muss hierbei natürlich bereits nachgewiesen sein, ehe man mit Ammoniak neutralisirt, was übrigens leicht gelingt, weil die unter 13 angeführte Reaction unter allen Umständen möglich ist.

III. Aluminium.

a) Verhalten der Thonerdesalze gegen Reagentien.

48. Die Thonerdesalze der Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure sind in Wasser löslich. Beim Abdampfen der Lösungen derselben bilden sich leicht, unter Ausscheidung von Säure, basische Salze und ist deshalb der Abdampfungsrückstand nicht immer vollständig in Wasser löslich. Schwefelwasserstoff fällt Thonerdesalzlösungen nicht.

49. Schwefelammonium bringt in den Auflösungen der Thonerdesalze einen weissen gelatinösen Niederschlag von Thonerdehydrat hervor, während Schwefelwasserstoff entweicht.

50. Ammoniak, kohlensaures Ammoniak und kohlensaures Natron fällen ebenfalls weisses Thonerdehydrat.

51. Kali- und Natronlauge bringen weisse Niederschläge von Thonerdehydrat hervor, die sich im Ueberschuss des Fällungsmittels auflösen. Durch Kochen wird die Thonerde aus dieser Lösung nicht gefällt, Ammoniaksalze scheiden sie dagegen schon in der Kälte aus.

52. Eine Auflösung von essigsaurem Natron fällt die Thonerde in der Hitze vollständig.

53. Kohlensaurer Baryt, fein zertheilt und in Wasser suspendirt, fällt die Thonerde in der Kälte vollständig.

54. Phosphorsaures Natron erzeugt ebenfalls einen weissen Niederschlag und zwar von phosphorsaurer Thonerde.

b) Trennung der Thonerde von den Alkalien und alkalischen Erden.

55. Durch Schwefelammonium wird die Thonerde von den Alkalien und alkalischen Erden getrennt; übrigens lässt sich die Trennung auch durch Ammoniak oder essigsaures Ammoniak, welches letztere genau so wirkt wie essigsaures Natron, bewerkstelligen.

IV. Eisen.

a) Verhalten der Eisenoxydulsalze gegen Reagentien.

56. Die Eisenoxydulsalze der Salzsäure und Schwefelsäure sind in Wasser löslich. Durch Schwefelwasserstoff werden Eisenoxydulsalzlösungen nicht gefällt.

57. Schwefelammonium fällt schwarzes Eisensulfür.

58. Ammoniak bringt einen grünlichen Niederschlag hervor, der in viel Salmiak, beim Erwärmen mit Zurücklassung von wenig Eisenoxyduloxyd, löslich ist.

59. Kali- oder Natronlauge erzeugen bei Abschluss der Luft weisse Niederschläge von Eisenoxydulhydrat.

60. Kohlensaure Alkalien fällen weisses kohlensaures Eisen-

oxydul, welches sich wie der Niederschlag durch Kali- oder Natronlauge an der Luft leicht oxydirt.

61. Phosphorsaures Natron fällt weisses phosphorsaures Eisenoxydul.

62. Ferrocyankalium*) erzeugt einen weissen, rasch blauwerdenden Niederschlag.

63. Ferridcyankalium**) bringt einen Niederschlag von Berlinerblau hervor. Durch diese Reaction kann die kleinste Menge Eisenoxydul entdeckt werden, selbst wenn eine grosse Menge von Eisenoxydsalz zugegen ist. Freie Alkalien verhindern die Reaction.

64. Durch Salpetersäure werden Eisenoxydulsalze in die entsprechenden Oxydsalze verwandelt, und es werden dabei die farblosen oder schwach grünlich gefärbten Lösungen gelb bis rothbraun; als Zwischenfarbe tritt bei dieser Reaction einmal ein dunkles Braun auf, was daher rührt, dass das bei der Oxydation der Eisenoxydulsalze aus der Salpetersäure erhaltene Stickstoffoxyd in dem noch unoxydirten Antheil von Eisenoxydulsalz gelöst wird. Diese Auflösung ist dunkelbraun.

b) Verhalten der Eisenoxydsalze gegen Reagentien.

65. Die Eisenoxydsalze der Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure sind in Wasser löslich. Beim Abdampfen ihrer Lösungen verhalten sie sich wie die Thonerdeverbindungen (48).

66. Schwefelwasserstoff wird durch die sauren Lösungen der Eisenoxydsalze unter Abscheidung von Schwefel zersetzt; dabei wird das Eisenoxydsalz zu Oxydulsalz reducirt.

67. Schwefelammonium fällt schwarzes Schwefeleisen, FeS.

68. Ammoniak, Kali- oder Natronlauge, sowie kohlensaure Alkalien geben, im Ueberschuss angewendet und namentlich in der Wärme, rothbraune Niederschläge von Eisenoxydhydrat. Ammoniak wie kohlensaure Alkalien bringen beim vorsichtigen Zusatz zuerst eine dunkelrothe Färbung hervor, ehe sie einen Niederschlag erzeugen.

69. Kohlensaurer Baryt (wie bei 53) fällt sämmtliches Eisenoxyd als Hydrat aus seinen Lösungen.

70. Essigsaures Natron fällt ebenfalls sämmtliches Eisenoxyd als Hydrat beim Kochen; in der Kälte bringt es eine blutrothe Farbe der Lösung hervor.

71. Ferrocyankalium erzeugt in den sauren Lösungen der

---

*) Diese Verbindung besteht aus Eisen, Cyan und Kalium, und wird bei der organischen Chemie beschrieben werden.

**) Diese Verbindung enthält dieselben Bestandtheile wie das Ferrocyankalium, nur in anderen Verhältnissen, und wird ebenfalls bei der organischen Chemie beschrieben werden.

Eisenoxydsalze einen blauen Niederschlag, der von Ammoniak sowie von Kali- oder Natronlauge unter Bildung von rothbraunem Eisenoxydhydrat zersetzt wird.

72. Ferridcyankalium liefert nur eine dunkelbraune Färbung, aber keinen Niederschlag.

73. Rhodankalium*) ist das empfindlichste Reagens auf Eisenoxydsalze. Ein Tropfen einer verdünnten Lösung desselben bringt in höchst verdünnten Lösungen der Eisenoxydsalze noch eine deutlich rothe Färbung der Lösung hervor, während die Flüssigkeit bei grösserer Concentration tief blutroth wird. Essigsäure verhindert das Eintreten der Reaction, oder schwächt sie wenigstens bedeutend ab, ebenso wirkt verdünnte Salpetersäure. Alkalien oder Ammoniak fällen aus der rothen Lösung alles Eisen als Eisenoxydhydrat.

74. c) Die Eisenoxydulsalze unterscheiden sich wesentlich durch ihr Verhalten gegen Schwefelwasserstoff, Ferro- und Ferridcyankalium, essigsaures Natron, kohlensauren Baryt und Rhodankalium von den Eisenoxydsalzen, und sind daher beide leicht neben einander zu erkennen und, wenn nöthig, von einander zu trennen.

75. Von den Alkalien und alkalischen Erden werden Eisenverbindungen durch Schwefelammonium oder essigsaures Ammoniak getrennt. Die Trennung von der Thonerde hat wegen des ähnlichen Verhaltens beider gegen Fällungsmittel grössere Schwierigkeit, und wird behufs qualitativer Nachweisung auch nie genau ausgeführt. Eine annähernde Trennung wird durch Kali- oder Natronlauge bewirkt, welche Thonerdehydrat auflösen und Eisenoxydhydrat ungelöst lassen, übrigens beides vollständig nur dann thun, wenn nicht Thonerdehydrat und Eisenoxydhydrat gemischt sind, da in diesem Fall entweder etwas Thonerdehydrat ungelöst bleibt oder etwas Eisenoxydhydrat mit aufgelöst wird.

V. Mangan.

76. Bei der Nachweisung des Mangans haben wir es entweder direct mit Manganoxydulsalzen zu thun, oder die betreffenden Substanzen werden beim Auflösen in Manganoxydulsalz verwandelt. Einige directe Nachweisungen des Mangans können mit jeder Manganverbindung vorgenommen werden. Wir wollen daher zunächst das

a) Verhalten der Manganoxydulsalze gegen Reagentien

*) Rhodankalium ist eine Verbindung, welche Kalium, Cyan und Schwefel enthält und bei der organischen Chemie beschrieben werden wird.

oxydul, welches sich wie der Niederschlag durch Kali- oder Natronlauge an der Luft leicht oxydirt.

61. Phosphorsaures Natron fällt weisses phosphorsaures Eisenoxydul.

62. Ferrocyankalium*) erzeugt einen weissen, rasch blauwerdenden Niederschlag.

63. Ferridcyankalium**) bringt einen Niederschlag von Berlinerblau hervor. Durch diese Reaction kann die kleinste Menge Eisenoxydul entdeckt werden, selbst wenn eine grosse Menge von Eisenoxydsalz zugegen ist. Freie Alkalien verhindern die Reaction.

64. Durch Salpetersäure werden Eisenoxydulsalze in die entsprechenden Oxydsalze verwandelt, und es werden dabei die farblosen oder schwach grünlich gefärbten Lösungen gelb bis rothbraun; als Zwischenfarbe tritt bei dieser Reaction einmal ein dunkles Braun auf, was daher rührt, dass das bei der Oxydation der Eisenoxydulsalze aus der Salpetersäure erhaltene Stickstoffoxyd in dem noch unoxydirten Antheil von Eisenoxydulsalz gelöst wird. Diese Auflösung ist dunkelbraun.

b) Verhalten der Eisenoxydsalze gegen Reagentien.

65. Die Eisenoxydsalze der Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure sind in Wasser löslich. Beim Abdampfen ihrer Lösungen verhalten sie sich wie die Thonerdeverbindungen (48).

66. Schwefelwasserstoff wird durch die sauren Lösungen der Eisenoxydsalze unter Abscheidung von Schwefel zersetzt; dabei wird das Eisenoxydsalz zu Oxydulsalz reducirt.

67. Schwefelammonium fällt schwarzes Schwefeleisen, FeS.

68. Ammoniak, Kali- oder Natronlauge, sowie kohlensaure Alkalien geben, im Ueberschuss angewendet und namentlich in der Wärme, rothbraune Niederschläge von Eisenoxydhydrat. Ammoniak wie kohlensaure Alkalien bringen beim vorsichtigen Zusatz zuerst eine dunkelrothe Färbung hervor, ehe sie einen Niederschlag erzeugen.

69. Kohlensaurer Baryt (wie bei 53) fällt sämmtliches Eisenoxyd als Hydrat aus seinen Lösungen.

70. Essigsaures Natron fällt ebenfalls sämmtliches Eisenoxyd als Hydrat beim Kochen; in der Kälte bringt es eine blutrothe Farbe der Lösung hervor.

71. Ferrocyankalium erzeugt in den sauren Lösungen der

---

*) Diese Verbindung besteht aus Eisen, Cyan und Kalium, und wird bei der organischen Chemie beschrieben werden.

**) Diese Verbindung enthält dieselben Bestandtheile wie das Ferrocyankalium, nur in anderen Verhältnissen, und wird ebenfalls bei der organischen Chemie beschrieben werden.

Eisenoxydsalze einen blauen Niederschlag, der von Ammoniak sowie von Kali- oder Natronlauge unter Bildung von rothbraunem Eisenoxydhydrat zersetzt wird.

72. Ferridcyankalium liefert nur eine dunkelbraune Färbung, aber keinen Niederschlag.

73. Rhodankalium*) ist das empfindlichste Reagens auf Eisenoxydsalze. Ein Tropfen einer verdünnten Lösung desselben bringt in höchst verdünnten Lösungen der Eisenoxydsalze noch eine deutlich rothe Färbung der Lösung hervor, während die Flüssigkeit bei grösserer Concentration tief blutroth wird. Essigsäure verhindert das Eintreten der Reaction, oder schwächt sie wenigstens bedeutend ab, ebenso wirkt verdünnte Salpetersäure. Alkalien oder Ammoniak fällen aus der rothen Lösung alles Eisen als Eisenoxydhydrat.

74. c) Die Eisenoxydulsalze unterscheiden sich wesentlich durch ihr Verhalten gegen Schwefelwasserstoff, Ferro- und Ferridcyankalium, essigsaures Natron, kohlensauren Baryt und Rhodankalium von den Eisenoxydsalzen, und sind daher beide leicht neben einander zu erkennen und, wenn nöthig, von einander zu trennen.

75. Von den Alkalien und alkalischen Erden werden Eisenverbindungen durch Schwefelammonium oder essigsaures Ammoniak getrennt. Die Trennung von der Thonerde hat wegen des ähnlichen Verhaltens beider gegen Fällungsmittel grössere Schwierigkeit, und wird behufs qualitativer Nachweisung auch nie genau ausgeführt. Eine annähernde Trennung wird durch Kali- oder Natronlauge bewirkt, welche Thonerdehydrat auflösen und Eisenoxydhydrat ungelöst lassen, übrigens beides vollständig nur dann thun, wenn nicht Thonerdehydrat und Eisenoxydhydrat gemischt sind, da in diesem Fall entweder etwas Thonerdehydrat ungelöst bleibt oder etwas Eisenoxydhydrat mit aufgelöst wird.

V. Mangan.

76. Bei der Nachweisung des Mangans haben wir es entweder direct mit Manganoxydulsalzen zu thun, oder die betreffenden Substanzen werden beim Auflösen in Manganoxydulsalz verwandelt. Einige directe Nachweisungen des Mangans können mit jeder Manganverbindung vorgenommen werden. Wir wollen daher zunächst das

a) Verhalten der Manganoxydulsalze gegen Reagentien

*) Rhodankalium ist eine Verbindung, welche Kalium, Cyan und Schwefel enthält und bei der organischen Chemie beschrieben werden wird.

77. kennen lernen. Die Manganoxydulsalze der Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure sind im Wasser löslich.
In saurer Lösung ist Schwefelwasserstoff ohne Einwirkung.
78. Schwefelammonium fällt fleischfarbiges Schwefelmangan, welches in verdünnten Säuren leicht löslich ist.
79. Kali- oder Natronlauge fällen weisses, an der Luft rasch braun werdendes Manganoxydulhydrat.
80. Ammoniak verhält sich ähnlich, doch kann die Fällung durch Salmiak verhindert werden.
81. Kohlensaure Alkalien fällen weisses kohlensaures Manganoxydul.
82. Oxalsäure giebt nach einiger Zeit in nicht zu verdünnten Lösungen einen krystallinischen Niederschlag von oxalsaurem Manganoxydul.
83. Phosphorsaures Natron, Ferrocyankalium und Ferridcyankalium bringen Niederschläge hervor.
84. b) Alle Manganverbindungen liefern beim Schmelzen mit Soda und Salpeter eine blaugrüne Schmelze von mangansaurem Natron.
85. Erwärmt man irgend eine Manganverbindung mit Bleihyperoxyd und Salpetersäure, so entsteht eine tief violette Flüssigkeit, welche Uebermangansäure gelöst enthält. Durch freie Salzsäure oder durch lösliche Chlormetalle wird die Reaction zerstört.
86. c) Die Trennung des Mangans von den Alkalien und Erdalkalien gelingt durch Schwefelammonium, von der Thonerde und dem Eisen durch Salmiak und Ammoniak, oder durch kohlensauren Baryt, oder durch essigsaures Natron.

VI. Chrom.

a) Verhalten der Chromoxydsalze gegen Reagentien.
87. Die Chromoxydsalze der Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure sind im Wasser löslich.
Schwefelwasserstoff bewirkt keine Fällung.
88. Schwefelammonium fällt grünes Chromoxdhydrat, während Schwefelwasserstoff entweicht.
89. Ammoniak, Kali-, Natronlauge, und die kohlensauren Alkalien bewirken graublaue oder grüne Fällungen von Chromoxydhydrat. Der Niederschlag ist in Kali- oder Natronlauge leicht, in einem grossen Ueberschuss von Ammoniak etwas löslich. Die Lösung von Chromoxydhydrat in Kali- oder Natronlauge lässt beim Erhitzen langsam, nach Zusatz

von Salmiak rascher, alles Chromoxydhydrat als grünen Niederschlag fallen.

90. Kohlensaurer Baryt fällt das Chromoxyd in der Kälte als Hydrat

b) Verhalten der chromsauren Salze gegen Reagentien.

91. Die neutralen und sauren Salze der Alkalien sind in Wasser löslich. Sie sind charakterisirt durch die intensive gelbe oder rothe Farbe ihrer Lösungen; die sauren Salze der fixen Alkalien schmelzen unzersetzt und bilden alsdann dunkelrothe Flüssigkeiten.

92. Von Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium wird die Chromsäure in Chromoxydhydrat verwandelt.

93. Beim Kochen der Lösungen von chromsauren Salzen mit Salzsäure und Alkohol färbt sich die anfänglich rothe Flüssigkeit zuerst schmutzig braun, dann grün, und es hat sich dann alle Chromsäure in Chromoxydsalz umgewandelt.

94. Werden trockne chromsaure Salze mit Chlornatrium und Schwefelsäure gemischt und dieses Gemisch erhitzt, so entwickeln sich rothe Dämpfe von Chromoxydchlorid, die sich zu einer rothbraunen Flüssigkeit verdichten lassen.

95. c) Die Trennung des Chroms von den Alkalien und alkalischen Erden wird durch Schwefelammonium bewirkt; hat man Chrom als chromsaures Salz, so reducirt man dieses zuerst mit Alkohol und Salzsäure zu Chromoxydsalz.

96. Von Thonerde, Eisen und Mangan ist die Trennung weniger einfach. Man kann dabei folgenden Weg einschlagen, im Fall man Chrom als Oxydsalz hat: Die Lösung, welche die genannten Metalle allein enthält, wird zunächst, um alles Eisen als Eisenoxydsalz in Lösung zu bekommen, mit Salpetersäure erwärmt, und hierauf mit Kalilauge im Ueberschuss versetzt, Eisenoxydhydrat und Manganoxydulhydrat fallen nieder, Thonerde und Chromoxyd bleiben gelöst; die grüne Lösung wird alsdann gekocht, worauf das Chrom als Chromoxydhydrat abgeschieden wird. Diese Trennung ist übrigens nicht sehr genau, weil bei Anwesenheit grosser Mengen von Eisen das Chrom durch Kalilauge leicht gefällt werden kann.

97. Genauer trennt man zuerst Thonerde, Chrom und Eisen einerseits, von Mangan andererseits durch kalte Digestion mit kohlensaurem Baryt. Der Niederschlag enthält alles Chrom und Eisen und alle Thonerde neben überschüssig zugesetztem kohlensaurem Baryt; die Lösung enthält alles Mangan und den in Lösung gegangenen Baryt. Der Niederschlag wird mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, wobei sich Thonerde, Chrom und Eisen auflösen, diese Lösung alsdann mit Ammoniak versetzt, der entstandene Niederschlag mit kohlen-

saurem Natron und Salpeter geschmolzen und die Schmelze mit Wasser ausgelaugt. Chrom löst sich als chromsaures Kali, Thonerde und Eisenoxyd bleiben zurück; sollte hierbei etwas Thonerde mit in Lösung gegangen sein, so würde dieselbe durch Salmiak leicht auszufällen sein.

Dieser umständliche Weg ist übrigens nur nöthig, wenn die vier genannten Metalle zugegen sind; fehlt das Mangan, so kann man die Behandlung mit kohlensaurem Baryt unterlassen, im Uebrigen aber gleich verfahren.

98. Die Trennung des Chroms von Thonerde gelingt durch Kalilauge allein, da die alkalische Lösung der beiden Oxyde beim Kochen alles Chromoxyd als Hydrat fallen lässt.

VII. Kobalt und Nickel.

a) Verhalten der Kobaltoxydulsalze und der Nickeloxydulsalze gegen Reagentien, soweit dasselbe gemeinsam ist.

99. Die Kobalt- und Nickeloxydulsalze der Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure sind in Wasser löslich.

100. Schwefelwasserstoff fällt aus neutraler oder essigsaurer Lösung schwarzes Schwefelkobalt oder Schwefelnickel, aus salzsaurer Lösung nicht.

101. Schwefelammonium fällt ebenfalls die schwarzen Sulfide.

102. Kali- oder Natronlauge fällen blaues Kobaltoxydulhydrat oder grünes Nickeloxydulhydrat.

103. Ammoniak fällt dieselben Hydrate, ein Ueberschuss von Ammoniak löst sie aber wieder auf.

104. Kohlensaure Alkalien bewirken ebenfalls Fällung. In überschüssigem, kohlensaurem Ammoniak sind dieselben löslich.

b) Unterscheidung von Kobalt- und Nickeloxydulsalzen.

105. Bezüglich des Verhaltens der Kobalt- und Nickeloxydulsalze gegen salpetrigsaures Kali sei auf pag. 153 verwiesen.

106. Ueber das Verhalten der Oxydulsalze gegen Cyankalium ist das Wichtigste schon auf pag. 153 gesagt worden, und es soll hier beigefügt werden, was zum Verständniss der hierauf gegründeten Nachweisungsmethode nöthig ist.

Der Niederschlag, welcher entsteht, wenn bei gleichzeitiger Anwesenheit von Kobalt und Nickel nach der beschriebenen Behandlung mit Cyankalium, Salzsäure hinzugefügt wird, ist je nach dem Mengenverhältniss von Kobalt und Nickel verschieden zusammengesetzt. Vor dem Zusatz der Salzsäure befinden sich folgende Verbindungen in Lösung: (NiCy + KCy)

und ($Co_2Cy_3 + 3KCy$); es können nun folgende Zersetzungen verlaufen, wenn Salzsäure hinzukommt:

$$3(NiCy+KCy) + (Co_2Cy_3+3KCy)+6HCl=(Co_2Cy_3+3NiCy) + 6KCl + 6HCy;$$

$$3(NiCy+KCy) +2(Co_2Cy_3+3KCy)+9HCl=(Co_2Cy_3+3NiCy) + (Co_2Cy_3 + 3HCy) + 9KCl + 6HCy;$$

$$4(NiCy+KCy)+ (Co_2Cy_3+3KCy)+7HCl=(Co_2Cy_3+3NiCy) + NiCy + 7KCl + 7HCy.$$

Die das Nickel enthaltenden Verbindungen werden niedergeschlagen, alles andere bleibt in Lösung; folglich wird bei einem Verhältniss von Kobalt zum Nickel wie 3 : 2 sowohl alles Kobalt als auch alles Nickel gefällt, beim Verhältniss wie 3 : 4 bleibt die Hälfte des Kobalts in Lösung und beim Verhältniss wie 2 : 1 enthält der Niederschlag zwar sämmtliches Kobalt, ist aber gemischt aus Kobaltidcyannickel und Cyannickel.

107. Versetzt man die Lösung eines Nickeloxydulsalzes mit Cyankalium, bis der erst entstandene Niederschlag wieder aufgelöst ist, hierauf mit Natronlauge, kohlensaurem und unterchlorigsaurem Natron, so entsteht beim gelinden Erwärmen ein tiefschwarzer Niederschlag von Nickeloxydhydrat. War die Lösung anfänglich sauer, so ist es rathsam, dieselbe vor Zusatz des Cyankaliums mit Natronlauge zu neutralisiren.

Nach den angegebenen Reactionen der Kobalt- und Nickeloxydulsalze gegen salpetrigsaures Kali oder Cyankalium ist die Erkennung beider nicht schwierig.

108. c) Die Trennung beider von einander wird am einfachsten durch salpetrigsaures Kali bewerkstelligt.

109. Die Trennung beider von Eisen, Chrom, Mangan und Aluminium ist behufs qualitativer Nachweisung einfach; man fällt die Lösung, welche ausser Kobalt und Nickel die obengenannten Metalle enthält, mit Ammoniak und Schwefelammonium, und behandelt den ausgewaschenen Niederschlag mit verdünnter kalter Salzsäure, welche alles, mit Ausnahme von Schwefelkobalt und Schwefelnickel, auflöst. Die beiden zurückbleibenden Sulfide werden behufs weiterer Untersuchung in Salpetersäure oder Königswasser gelöst.

110. Von den Alkalien und Erdalkalien trennt man Kobalt und Nickel am besten durch Schwefelammonium.

VIII. Zink.

111. a) Das Verhalten der Zinkoxydsalze gegen Reagentien ist dem der Kobalt- und Nickeloxydulsalze sehr

analog, mit dem Unterschied, dass die zinkhaltigen Niederschläge nicht gefärbt sind.

112. Die Verschiedenheit des Zinks von Kobalt und Nickel liegt zum Theil darin, dass der durch Kali- oder Natronlauge in den Auflösungen der Zinkoxydsalze hervorgebrachte Niederschlag im Ueberschuss des Fällungsmittels löslich ist.

113. Salpetrigsaures Kali erzeugt keine Fällung.

114. Cyankalium verhält sich gegen Zinkoxydsalze wie gegen Nickeloxydulsalze.

115. b) Die Trennung des Zinks von Nickel, Kobalt, Eisen und Mangan gelingt durch Kalilauge, welche im Ueberschuss zu einer Lösung gebracht, welche die genannten Metalle enthält, nur das Zink als Zinkoxydkali in Lösung erhält. Enthielt die Flüssigkeit ursprünglich Aluminium, so findet sich dieses in der alkalischen Zinklösung, und wird daraus durch Salmiak vollständig gefällt.

116. Die Trennung des Zinks von Chrom wird am besten in der Weise ausgeführt, dass man die Flüssigkeit, welche beide (aber nicht in schwefelsaurer Lösung) enthält, mit kohlensaurem Baryt in der Kälte digerirt, wodurch Chromoxydhydrat niedergeschlagen wird, während Zink in Lösung bleibt.

117. Von den Alkalien und Erdalkalien trennt man das Zink durch Schwefelammonium.

IX. Blei.

a) Verhalten der Bleioxydsalze gegen Reagentien.

118. Das salpetersaure Bleioxyd ist in Wasser löslich, die Salze der Salzsäure, Schwefelsäure und Kohlensäure sind in Wasser unlöslich, und es wird daher eine Lösung des ersteren durch Salzsäure, Schwefelsäure und kohlensaures Natron gefällt.

119. Schwefelwasserstoff bringt in den Auflösungen der Bleioxydsalze einen schwarzen Niederschlag von Schwefelblei hervor;

120. Schwefelammonium ebenfalls, welcher von Salzsäure nicht gelöst, von Salpetersäure in weisses schwefelsaures Bleioxyd verwandelt wird.

121. Kali- oder Natronlauge erzeugen weisse, im Ueberschuss des Fällungsmittels lösliche Niederschläge.

122. Ammoniak fällt weisse basische Salze.

123. Kohlensaure Alkalien fällen unlösliche, basische, kohlensaure Salze.

124. Chromsaures Kali erzeugt einen gelben Niederschlag von chromsaurem Bleioxyd.

125. Phosphorsaures Natron bringt einen weissen, in Salpetersäure löslichen, Niederschlag hervor.

126. b) Von allen bis jetzt genannten Metallen trennt man das Blei durch Schwefelwasserstoff, welchen man in die angesäuerte Lösung einleitet.

X. Kupfer.

a) Verhalten der Kupferoxydsalze gegen Reagentien.

127. Die Kupferoxydsalze der Schwefelsäure, Salzsäure und Salpetersäure sind in Wasser löslich.

128. Schwefelwasserstoff bringt in den Auflösungen der Kupferoxydsalze einen schwarzen Niederschlag von Schwefelkupfer hervor;

129. Schwefelammonium gleichfalls; der Niederschlag ist in gelbem Schwefelammonium etwas löslich.

130. Kali- oder Natronlauge fällen blaues, beim Erhitzen unter Abgabe des Wassers schwarz werdendes Kupferoxydhydrat.

131. Ammoniak erzeugt den gleichen Niederschlag, ein Ueberschuss löst ihn aber wieder zu einer tiefblauen Flüssigkeit.

132. Kohlensaure Alkalien fällen blaue, beim Erwärmen grün werdende, basische kohlensaure Salze.

133. Ferrocyankalium giebt in neutralen oder sauren Kupferoxydsalzlösungen einen braunrothen Niederschlag.

134. b) Die Trennung des Kupfers von Blei gelingt durch Schwefelsäure, welche sämmtliches Blei als schwefelsaures Bleioxyd niederschlägt.

135. Von den Metallen der Eisengruppe, mit Ausnahme von Kadmium, sowie von den Alkalimetallen, Erdalkalimetallen und Erdmetallen trennt man das Kupfer durch Schwefelwasserstoff, welcher, in die saure Lösung eingeleitet, alles Kupfer niederschlägt.

XI. Wismuth.

a) Verhalten der Wismuthoxydsalze gegen Reagentien.

136. Die Wismuthoxydsalze der Schwefelsäure, Salzsäure und Salpetersäure sind in angesäuertem Wasser löslich, durch Wasser allein werden sie unter Bildung basischer Salze zersetzt, wodurch sich die Wismuthverbindungen neben den Salzen der anderen Metalle, mit Ausnahme des Antimons, erkennen lassen.

137. Schwefelwasserstoff erzeugt in den Lösungen der Wis-

muthoxydsalze einen schwarzbraunen Niederschlag von Schwefelwismuth;

138. Schwefelammonium gleichfalls.
139. Kali-, Natronlauge oder Ammoniak fällen weisses Wismuthoxydhydrat.
140. b) Zur Trennung des Wismuths von Blei und Kupfer, wenn beide gleichzeitig vorhanden sind, versetzt man die Lösung zuerst mit Schwefelsäure, welche das Blei niederschlägt, alsdann mit überschüssigem Ammoniak, wodurch Wismuth gefällt wird, während Kupfer in Lösung bleibt.
141. Von den Alkalimetallen, Erdalkalimetallen, Erdmetallen und den Metallen der Eisengruppe trennt man das Wismuth durch Schwefelwasserstoff.

XII. Quecksilber.

a) Verhalten der Quecksilberoxydulsalze gegen Reagentien.

142. Das salpetersaure Quecksilberoxydul ist in Wasser löslich.
143. Schwefelwasserstoff fällt aus den Lösungen der Quecksilberoxydulsalze schwarzes Quecksilbersulfür, Hg_2S;
144. Schwefelammonium ebenfalls.
145. Kali- oder Natronlauge fällen schwarzes Quecksilberoxydul und
146. Ammoniak eine schwarze stickstoffhaltige Quecksilberverbindung.
147. Salzsäure oder lösliche Chlormetalle fällen weisses unlösliches Quecksilberchlorür (Calomel).

b) Verhalten der Quecksilberoxydsalze gegen Reagentien.

148. Die Quecksilberoxydsalze der Salpetersäure und Salzsäure sind in Wasser löslich.
149. Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium fällen schwarzes Quecksilbersulfid, HgS, welches in Schwefel-Kalium oder -Natrium löslich ist; leitet man Schwefelwasserstoff in eine Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd, so entsteht zuerst ein weisser, bald gelb, dann braun, schliesslich schwarz werdender Niederschlag.
150. Kali- oder Natronlauge fällen gelbes Quecksilberoxyd.
151. Ammoniak giebt einen weissen Niederschlag.
152. Kohlensaure Alkalien erzeugen rothbraune Niederschläge von basisch kohlensauren Salzen.
153. Chromsaures Kali, phosphorsaures Natron und Jodkalium geben ebenfalls charakteristische Fällungen.
154. Durch eine Reaction auf trocknem Wege können Quecksilberverbindungen unter allen Umständen und leicht nachgewiesen

werden; mischt man ein wenig der zu prüfenden trocknen Substanz mit trockner Soda und erhitzt das Gemisch in einem, am einen Ende zugeschmolzenen Glasröhrchen, so bildet sich im nicht erhitzten Theile des Röhrchens ein Sublimat von metallischem Quecksilber, welches sich zu kleinen, metallisch glänzenden Tröpfchen sammelt. Diese Reaction beruht darauf, dass sich die Quecksilberverbindungen mit Ausnahme der Haloidsalze und des Schwefelquecksilbers beim Erhitzen unter Abscheidung von metallischem Quecksilber zersetzen; die Haloidsalze und das Schwefelquecksilber setzen sich nun beim Erhitzen mit kohlensaurem Natron um und werden in Quecksilberoxyd verwandelt, welches die genannte Zersetzung erleidet.

155. c) Durch Salzsäure werden Quecksilberoxydulsalze und Oxydsalze von einander getrennt; durch Behandlung der Schwefelverbindungen mit Salpetersäure von Kupfer und Wismuth, welche hierbei gelöst werden, während Quecksilbersulfür und Quecksilbersulfid zurückbleiben.

156. Die Trennung des Quecksilbers von Blei ist behufs qualitativer Nachweisung derselben nicht nothwendig, kann jedoch in der Weise ausgeführt werden, dass man die durch Schwefelwasserstoff gefällten Schwefelmetalle mit verdünnter Salpetersäure behandelt, wobei einerseits schwarzes Schwefelquecksilber unverändert bleibt (woran die Anwesenheit von Quecksilber erkannt wird), andererseits weisses schwefelsaures Bleioxyd entsteht; dieses letztere lässt sich aus der so erhaltenen Masse mit ammoniakalischer Weinsäurelösung ausziehen, um in der Lösung durch Schwefelwasserstoff nachgewiesen zu werden.

157. Quecksilber in der Oxydulform kann sehr leicht neben Blei erkannt werden und umgekehrt; man fällt nämlich mit Salzsäure, kocht den Niederschlag mit viel Wasser aus, wobei sich die grösste Menge Chlorblei löst und prüft die Lösung mit Schwefelsäure, welche bei Anwesenheit von Blei einen weissen Niederschlag erzeugt; der ausgekochte Rückstand wird durch Ammoniak geschwärzt, wenn er Quecksilberchlorür enthält. Wäre gleichzeitig Chlorsilber vorhanden, so würde sich dieses in Ammoniak auflösen und aus dieser Lösung durch Salpetersäure wieder fällen lassen.

158. Von den Alkalimetallen, Erdalkalimetallen, Erdmetallen und den Metallen der Eisengruppe trennt man das Quecksilber durch Schwefelwasserstoff.

XIII. Silber.

a) Verhalten der Silberoxydsalze gegen Reagentien.

159. Die Silberoxydsalze der Salpetersäure und Schwefelsäure sind in Wasser löslich, die der Salzsäure, Phosphorsäure und Kohlensäure unlöslich.

160. Salzsäure erzeugt in den Auflösungen der Silberoxydsalze einen weissen käsigen Niederschlag von Chlorsilber, welcher in Ammoniak löslich ist.

161. Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium fällen schwarzes Schwefelsilber,

162. Kali- oder Natronlauge braunes Silberoxyd;

163. Ammoniak ebenfalls; ein Ueberschuss des letzteren, so wie Ammoniaksalze lösen den Niederschlag leicht auf.

164. Kohlensaure Alkalien fällen kohlensaures Silberoxyd.

165. Phosphorsaures Natron liefert einen gelben, in Säuren leicht löslichen Niederschlag von phosphorsaurem Silberoxyd.

166. b) Von allen Metallen, mit Ausnahme von Blei und Quecksilber (als Oxydulsalz), lässt sich das Silber durch Fällung mit Salzsäure oder löslichen Chlormetallen trennen. Behufs qualitativer Nachweisung von Silber neben Blei und Quecksilberoxydul bedarf es jedoch keiner genauen Trennung, sondern man kann es direct nachweisen; das in dem Salzsäure-Niederschlag enthaltene Chlorsilber wird nämlich durch Ammoniak ausgezogen und kann durch Salpetersäure aus dieser Lösung gefällt werden (157).

XIV. Zinn.

a) Verhalten der Zinnoxydulsalze gegen Reagentien.

167. Eine Lösung von Zinnchlorür reagirt sauer, nimmt langsam Sauerstoff aus der Luft auf und trübt sich.

168. Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium fällen dunkelbraunes einfach Schwefelzinn, welches in gelbem, d. h. in mehrfach Schwefelammonium löslich ist; durch Salzsäure wird aus dieser Lösung zweifach Schwefelzinn gefällt.

169. Kali- oder Natronlauge fällen, im Ueberschuss des Fällungsmittels lösliches, weisses Zinnoxydulhydrat.

170. Ammoniak, ebenfalls; ein Ueberschuss von Ammoniak löst den Niederschlag nicht auf.

171. Sublimatlösung erzeugt einen weissen Niederschlag von Calomel; bei Ueberschuss von Zinnchlorür wird graues metallisches Quecksilber ausgeschieden.

b) Verhalten der Zinnoxydsalze gegen Reagentien.

172. Eine Lösung von zweifach Chlorzinn in Wasser giebt beim Kochen eine Fällung von a-Zinnsäure.

173. Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium fällen, im Ueberschuss des letztern lösliches, gelbes zweifach Schwefelzinn.

174. Kali-, Natronlauge und Ammoniak fällen weisse a-Zinnsäure, welche im Ueberschuss der fixen Alkalien löslich ist.

175. c) Die Erkennung des Zinnoxyduls neben Zinnoxyd ist mit Hülfe von Quecksilberchlorid nach 171 sehr einfach.

176. Die Trennung des Zinns von den Metallen, welche durch Schwefelwasserstoff gefällt werden, wird in der Art ausgeführt, dass man den Niederschlag mit gelbem Schwefelammonium (bei Anwesenheit von Quecksilber) oder mit mehrfach Schwefelnatrium (bei Anwesenheit von Kupfer) behandelt, wobei sich Zinnsulfid auflöst.

177. Von allen übrigen Metallen trennt man es durch Schwefelwasserstoff.

XV. Arsen.

Die qualitative Nachweisung des Arsens ist von grösster Wichtigkeit und wir wollen dieselbe etwas ausführlicher betrachten. Zuerst wollen wir die Reactionen der Verbindungen des Arsens beschreiben, um alsdann die Verfahren kennen zu lernen, wie man das Arsen am einfachsten nachweisen kann.

a) Verhalten der arsenigen Säure gegen Reagentien.

178. Die wässerige Lösung der arsenigen Säure giebt mit Schwefelwasserstoff sogleich einen gelben Niederschlag von Schwefelarsen, der in Schwefelammonium, sowie den Alkalien und kohlensaurem Ammoniak leicht löslich ist;

179. Schwefelammonium giebt keinen Niederschlag; die Lösung liefert auf Zusatz von Salzsäure eine gelbe Fällung von dreifach Schwefelarsen.

180. Mit einem Ueberschuss von Kalkwasser versetzt, bildet sich ein weisser Niederschlag von arsenigsaurem Kalk.

181. Salpetersaures Silberoxyd und wenig Ammoniak erzeugen eine Fällung von gelbem arsenigsaurem Silberoxyd, welche in Ammoniak eben so leicht wie in Salpetersäure löslich ist.

b) Verhalten der Arsensäure gegen Reagentien.

182. Die Arsensäure ist in Wasser leicht löslich.

183. Schwefelwasserstoff fällt erst nach längerem Stehen und

beim schwachen Erwärmen gelbes dreifach Schwefelarsen und Schwefel.

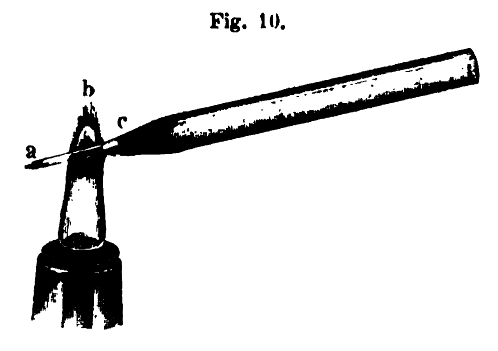
184. Salpetersaures Silberoxyd und Ammoniak geben einen in Ammoniak und Salpetersäure leicht löslichen Niederschlag von arsensaurem Silberoxyd.

185. Schwefelsaure Magnesia, Ammoniak und Salmiak geben eine weisse krystallinische Fällung von arsensaurer Ammoniakmagnesia.

c) Nachweisung des Arsens auf trocknem Wege.

186. Erhitzt man arsenige Säure mit Kohle, so wird sie reducirt und freies Arsen verflüchtigt. Nimmt man den Versuch in einer zu einer Spitze ausgezogenen Röhre vor, wie sie Fig. 10 darstellt, so beobachtet man das Entstehen eines sog. Arsenspiegels, während zugleich der charakteristische Knoblauchgeruch auftritt. An die mit a bezeichnete Stelle der Röhre bringt man ein Stückchen Arsenik und bei b ein Stückchen Holzkohle; erhitzt man alsdann letztere zuerst und dann das Arsenik, so bildet sich bei c ein Arsenspiegel. Diese Reaction ist sehr empfindlich, in dem sich selbst sehr geringe Spuren von Arsen damit nachweisen lassen. Ebenso leicht gelingt natürlich die Reaction mit Arsensäure.

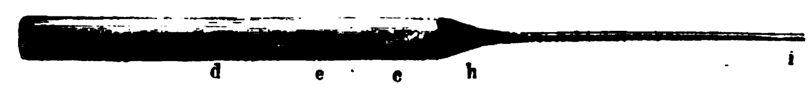
Fig. 10.



187. Wird Schwefelarsen mit Soda und Cyankalium geglüht, so wird ebenfalls Arsen abgeschieden und verflüchtigt. Man kann dieses Verhalten benutzen, um in einem Schwefelwasserstoffniederschlage das Arsen nachzuweisen, namentlich gegenüber von Zinn; zu diesem Behufe bringt man das Gemenge des zu prüfenden Niederschlags mit Cyankalium und Soda in eine Glasröhre, Fig. 11, und befestigt diese Röhre mit der weiten Oeffnung an einen Apparat, in welchem



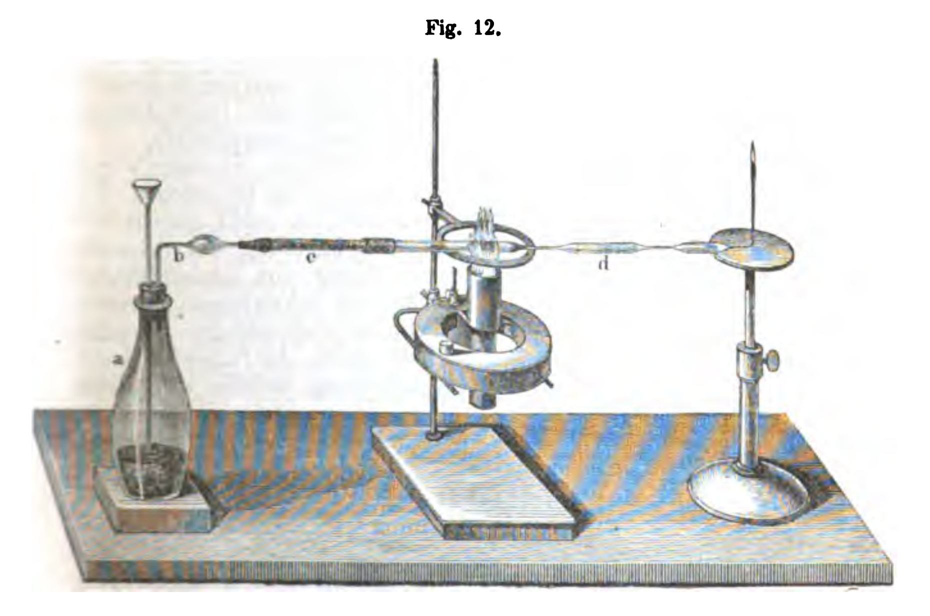
Fig. 11.



Kohlensäure entwickelt und getrocknet wird. Während nun ein lebhafter Kohlensäurestrom die Röhre durchstreicht, wird alle Luft aus dem Apparate verdrängt; man erwärmt dabei die Röhre ihrer ganzen Länge nach gelinde, um zugleich alle Feuchtigkeit daraus zu verjagen und erhitzt, nachdem dies geschehen, das Gemenge, welches sich bei d e befindet, und die Stelle c der Röhre stark, worauf man die Entstehung eines Arsenspiegels bei h beobachtet; durch den fortwährenden starken Kohlensäurestrom wird etwas dampfförmiges Arsen zu der Oeffnung i hinausgerissen und dieses verbreitet den charakteristischen Knoblauchgeruch.

188. d) Nachweisung des Arsens mit Hülfe des Marsh'schen Apparates. Fig. 12 stellt den sog. Marsh'schen Apparat dar, wie er am praktischsten construirt wird; a ist eine Wasser-

Fig. 12.



stoffentwicklungsflasche, b c eine mit Chlorcalciumstückchen gefüllte Glasröhre, zum Trocknen des Gases und d eine an mehreren Stellen verjüngte Glasröhre.

Bringt man in die Flasche a die Auflösung irgend einer Arsenverbindung, mit Ausnahme von Schwefelarsen, so entwickelt sich Arsenwasserstoff.

Will man mit Hülfe dieses Apparates Arsen nachweisen, so verfährt man folgendermassen: Man entwickelt durch Ein-

giessen von verdünnter Schwefelsäure in die Flasche a, welche Zink in Stückchen enthält, einen lebhaften Strom von Wasserstoffgas; ist nach einigen Minuten der ganze Apparat damit angefüllt, so zündet man das Gas an der feinen Spitze der Röhre d an und giesst alsdann die zu prüfende Flüssigkeit durch die Trichterröhre in die Entwicklungsflasche; die vorher farblose Wasserstoffflamme wird bei Gegenwart von Arsen sehr bald bläulich-weiss und stösst einen weissen Rauch aus; auf einer in die Flamme gehaltenen Porzellanfläche schlägt sich ein metallisch glänzender Körper an, die sog. Arsenflecken. Da sich Antimon ähnlich verhält, so sind die Metallflecken noch näher zu prüfen; Arsenflecken lösen sich in unterchlorigsaurem Natron, Antimonflecken nicht; Arsenflecken können durch wenig verdünnte Salpetersäure gelöst werden und in der Lösung bringt salpetersaures Silberoxyd und Ammoniak einen gelben Niederschlag hervor. Erhitzt man die Röhre d übrigens an der in der Figur bezeichneten Stelle, so bildet sich an der, der erhitzten Stelle rechts zunächst liegenden, verjüngten Stelle ein Arsenspiegel. Diese Methode der Nachweisung von Arsen ist äusserst empfindlich.

189. e) Die Trennung des Arsens vom Zinn ist behufs qualitativer Nachweisung nicht nöthig, da die Reactionen 186, 187, 188 durch die Anwesenheit von Zinn nicht alterirt werden; sie gelingt übrigens durch Behandlung der Schwefelverbindungen mit einer conc. Lösung von anderthalbfach kohlensaurem Ammoniak, worin sich Schwefelarsen auflöst.

190. Von den andern durch Schwefelwasserstoff fällbaren Metallen trennt man das Arsen durch Behandlung des Schwefelwasserstoffniederschlags mit Schwefelammonium, welches das Schwefelarsen auflöst.

191. Von allen andern Metallen trennt man es durch Schwefelwasserstoff.

XVI. Antimon.

a) Verhalten des Antimonoxyds gegen Reagentien.

192. Antimonoxyd ist in Schwefelsäure und Salzsäure löslich; seine Lösung trübt sich auf Zusatz von Wasser unter Abscheidung von Algarothpulver (siehe pag. 198).

193. Schwefelwasserstoff fällt aus saurer Lösung orangerothes, in Schwefelammonium leicht lösliches Schwefelantimon. Dieses wird aus der Lösung in Schwefelammonium durch Salzsäure oder Schwefelsäure unverändert gefällt.

194. Kali- oder Natronlauge fällen weisses, im Ueberschuss des Fällungsmittels lösliches Antimonoxyd.

195. Bringt man eine Auflösung von Antimonoxyd in Schwefelsäure mit salpetersaurem Silberoxyd und Kalilauge bis zur stark alkalischen Reaction zusammen, so entsteht ein schwarzer, in Ammoniak unlöslicher Niederschlag von metallischem Silber; Antimonoxyd verwandelt sich dabei auf Kosten des Sauerstoffs des Silberoxyds in Antimonsäure.

196. Diese Reaction dient zur Unterscheidung des Antimonoxyds von der Antimonsäure, welche letztere daran erkannt wird, dass sie, in saurer Lösung mit einer Auflösung von Jodkalium zusammen kommend, unter Bildung von gelbem Jodantimon Jod ausscheidet.

Im Uebrigen wird die Anwesenheit des Antimons in der Antimonsäure in der gleichen Weise nachgewiesen, wie im Antimonoxyd.

b) Die Trennung des Antimons von Zinn und Arsen, mit denen gemengt es beim regelmässigen Gange einer vollständigen qualitativen Analyse erhalten wird, ist nicht einfach und nur schwierig vollständig.

197. Liegen, wie das meist der Fall ist, die drei Schwefelmetalle vor, so behandelt man dieselben mit conc. Salzsäure, worin sich Schwefelantimon und Schwefelzinn lösen; das zurückbleibende Schwefelarsen kann leicht erkannt werden; in die Lösung von Zinn und Antimon werden alsdann einige Stückchen Zink gebracht und das sich entwickelnde Gas auf Antimonwasserstoff geprüft, indem man es anzündet und eine Porzellanfläche in die Flamme hält; es bilden sich dann in unterchlorigsaurem Natron unlösliche schwarze Antimonflecken; hierzu kann man sich des Apparates Fig. 12 bedienen. Bei dieser Operation wird Antimon zum grössten Theil als Antimonwasserstoff entfernt, während Zinn in metallischem Zustand zurückbleibt; man löst den Metallrückstand in conc. Salzsäure auf, es bildet sich Zinnchlorür, welches an seinem Verhalten gegen Quecksilberchlorid nach 171 erkannt werden kann.

198. Eine andere Methode der Nachweisung von Zinn und Antimon ist folgende: Man giesst die oben genannte salzsaure Lösung beider Metalle in eine Platinschale und legt ein Stück Zinkblech hinein; sofort entsteht bei Gegenwart von Antimon ein schwarzer Flecken auf dem Platin, und sämmtliches Zinn und Antimon scheiden sich metallisch ab. Man wäscht nun den Metallrückstand aus, behandelt mit conc. Salzsäure, wobei sich Zinn als Zinnchlorür löst, und nimmt den Rückstand von Antimon mit Königswasser auf. Mit den so erhaltenen beiden Lösungen lassen sich die Reactionen auf Zinn und Antimon vornehmen.

199. Die drei Sulfide lassen sich übrigens auch durch eine concentrirte Lösung von anderthalbfach kohlensaurem Ammoniak von einander trennen, welche das Schwefelarsen auflöst, Schwefelzinn und Schwefelantimon zurücklässt.

200. Eine ganz andere Methode der Trennung von Arsen, Zinn und Antimon wird in folgender Weise ausgeführt: Die salzsaure Lösung., welche die Metalle enthält, wird mit wenig chlorsaurem Kali erwärmt, um die höchsten Oxydationsstufen derselben zu erhalten, und darauf mit Natronlauge übersättigt und mit etwas Weingeist vermischt; es scheidet sich ein Niederschlag von pyroantimonsaurem Natron ab, das Filtrat wird gekocht, um den Alkohol zu entfernen und mit etwas Weinsäure, Ammoniak, Salmiak und schwefelsaurer Magnesia versetzt; das Arsen wird als arsensaure Ammoniakmagnesia gefällt. Das Filtrat giebt hierauf, nach dem Ansäuren mit Salzsäure, mit Schwefelwasserstoff einen Niederschlag von gelbem zweifach Schwefelzinn.

201. Die Trennung des Antimons von allen andern genannten Metallen wird durch Behandlung mit Schwefelwasserstoff und Digestion des so erhaltenen Niederschlags mit Schwefelammonium ausgeführt.

XVII. Säuren.

Wir wollen hier noch kurz einige charakteristische Reactionen der wichtigsten Säuren kennen lernen, und verweisen in Bezug auf die Erkennungsverfahren für seltenere Säuren auf die ausführlichen Lehrbücher der analytischen Chemie.

202. a) Schwefelsäure erzeugt in einer Auflösung von Chlorbaryum einen weissen, in Säuren unlöslichen Niederschlag.

203. b) Salzsäure erzeugt in einer Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd einen weissen käsigen Niederschlag, der sich nicht in Salpetersäure, wohl aber in Ammoniak auflöst.

204. Salpetersaures Bleioxyd und salpetersaures Quecksilberoxydul werden ebenfalls weiss gefällt.

205. Uebergiesst man ein salzsaures Salz mit conc. Schwefelsäure, so entwickelt sich ein farbloser, Nebel bildender, saurer Dampf, welcher in einer Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd einen weissen Niederschlag hervorbringt.

206. Zur Nachweisung des Chlors, namentlich bei Gegenwart von Brom, kann die bei 94 für Chrom als charakteristisch angegebene Reaction benutzt werden, indem das Auftreten von braunen Chromoxychloriddämpfen nur bei Gegenwart von Chlormetallen möglich ist.

207. c) Salpetersäure besitzt eine kräftig oxydirende Wirkung; die neutralen salpetersauren Salze sind alle in Wasser löslich, und es giebt deshalb keine Fällungsreaction für diese Säure.

208. Giesst man die Auflösung eines salpetersauren Salzes vorsichtig auf eine Auflösung von Eisenvitriol in conc. Schwefelsäure, so bildet sich an der Berührungsfläche der beiden Flüssigkeitsschichten ein violetter bis brauner Ring, dessen Entstehen durch die bei 64 angeführte Reaction erklärt wird.

209. Salpetersaure Salze verpuffen beim Erhitzen auf Kohle.

210. Eine mit Schwefelsäure angesäuerte Lösung eines salpetersauren Salzes entfärbt Indigolösung.

211. d) In Kohlensäure bringt Kalkwasser und Barytwasser weisse, unter Aufbrausen in Säuren lösliche Niederschläge hervor.

212. Kohlensaure Salze brausen beim Uebergiessen mit einer Säure heftig auf.

213. Lösungen kohlensaurer Salze erzeugen in Chlorbaryum- und Chlorcalciumlösungen weisse, in Säuren übrigens leicht lösliche Niederschläge.

214. e) Phosphorsäure giebt mit Ammoniak, Salmiak und schwefelsaurer Magnesia einen weissen krystallinischen, in Säuren löslichen Niederschlag;

215. mit molybdänsaurem Ammoniak in saurer Lösung einen gelben, krystallinischen, in Ammoniak löslichen Niederschlag (siehe pag. 173).

216. In neutraler oder essigsaurer Lösung geben phosphorsaure Salze mit Eisenchlorid einen gelblich weissen Niederschlag von phosphorsaurem Eisenoxyd.

217. Mit salpetersaurem Silberoxyd geben phosphorsaure Salze gelbes, in Salpetersäure lösliches phosphorsaures Silberoxyd.

Die genannten Reactionen treten, wo das Gegentheil nicht ausdrücklich bemerkt ist, auch mit den Salzen der betreffenden Säuren ein.

B. Systematischer Gang der qualitativen chemischen Analyse.

Gestützt auf die beschriebenen Reactionen, kann man sich ein Schema für den Gang einer qualitativen Analyse entwickeln, bei welchem alle möglichen vorhandenen Metalle be-

rücksichtigt werden. Da es bei einer qualitativen Analyse Aufgabe ist, sämmtliche Bestandtheile zu ermitteln, so hat man nicht allein auf die Metalle Rücksicht zu nehmen, sondern muss auch sämmtliche Säuren in das Bereich der Untersuchung ziehen. Man theilt die Aufgabe nun in diese zwei, durch die Natur der nachzuweisenden Substanz angezeigten Theile und ermittelt zuerst die Basen und hierauf die Säuren. Das Schema bezieht sich denn auch allein auf die Nachweisung der Basen, während für die Nachweisung der Säuren auf die pag. 244 angegebenen Reactionen verwiesen sei.

Ehe man übrigens an die Untersuchung der Körper auf nassem Wege geht, unterwirft man dieselben einer sogen. Vorprüfung auf trocknem Wege, untersucht ihr Verhalten beim Erhitzen für sich oder mit anderen Stoffen, und beobachtet die Erscheinungen, welche beim Erhitzen in einer Borax- oder Phosphorsalzperle sich zeigen. Man stellt folgende Reactionen an:

218\. a) Erhitzen der trocknen Substanz in einem, am Ende zugeschmolzenen Glasröhrchen.

Es liefern ein Sublimat: Ammoniak-, Quecksilber- und einige Arsenverbindungen.

Es bilden einen wässerigen Beschlag: Krystallwasser enthaltende Substanzen.

Es bilden einen sauer oder alkalisch reagirenden Beschlag: freie Säure oder gewisse Ammoniaksalze enthaltende Körper.

Es schmelzen ohne Zersetzung: Viele Salze der Alkalien und alkalischen Erden und Metalle.

Es sind unschmelzbar: Die Erden und viele ihrer Salze, sowie die meisten Salze der alkalischen Erden, die Silicate und die meisten Salze der schweren Metalle. Letztere zersetzen sich fast ohne Ausnahme.

Es färben sich beim Erhitzen dunkler: Eine Reihe von Oxyden, Zinkoxyd gelb, Bleioxyd, Wismuthoxyd, Quecksilberoxyd braun.

Es leuchten beim starken Erhitzen mit weissem Lichte: Die unschmelzbaren Salze der Erdalkalien sowie die freien Erdalkalien und einige Erden.

219\. b) Erhitzen auf Holzkohle nach dem Befeuchten mit Kobaltsolution (salpetersaures Kobaltoxydul).

Es geben eine blaue Masse: Thonerde und einige Silicate.

Es geben eine grüne Masse: Zinkoxyd, Zinnoxyd, Antimonsäure.

Es giebt eine fleischrothe Masse: Magnesia.

220\. c) Erhitzen mit einem Gemenge von Soda und Cyankalium auf Kohle.

Es liefern einen Beschlag: Zink (weiss), Kadmium (braun).
Es liefern ein Metallkorn: Zinn (weiss), Silber (weiss), Kupfer (rothe Flitter), Nickel, Kobalt, Eisen und Platin (graue Pulver, die unter dem Polirstahl Glanz annehmen).
Es liefern Metallkorn und Beschlag: Blei (Metall dehnbar, Beschlag gelb), Wismuth (Metall spröde, Beschlag gelb, beim Erhitzen braun), Antimon (Metall spröde, Beschlag weiss und flüchtig).
Es giebt einen nach Knoblauch riechenden Dampf: Arsen.

221. d) Erhitzen mit Soda auf Kohle.
Es bilden einen Hepar: Schwefelmetalle und schwefelsaure Salze; ein Hepar schwärzt blankes Silber nach dem Befeuchten.
e) Man bringt ein wenig der zu prüfenden Substanz an eine Borax- oder Phosphorsalzperle und erhitzt im Oxydations- oder Reductionsfeuer der Löthrohrflamme.

222. Es färben die Phosphorsalzperle

	im Oxydationsfeuer.	im Reductionsfeuer.
Gelb:	Eisenoyd, Nickeloxydul;	Eisenoxyd;
Roth:	Eisenoxyd (wenn in grosser Menge vorhanden);	Eisenoxyd (in der Hitze roth, in der Kälte ist die Perle gelb);
Blau:	Kobaltoxydul, Kupferoxyd;	Kobaltoxydul;
Grün:	Kupferoxyd (in der Hitze grün, in der Kälte ist die Perle blau), Chromoxyd;	Chromoxyd;
Violett:	Manganoxyd;	
Grau: (trübe)	Kieselsäure (giebt ein sog. Kieselskelet);	Silber-, Zink-, Blei-, Wismuth- und Nickelverbindungen.

Es färben die Boraxperle

	im Oxydationsfeuer.	im Reductionsfeuer.
Gelb:	Eisenoxyd;	
Roth:	Nickeloxydul;	Kupferoxydul;
Blau:	Kobaltoxydul, Kupferoxyd;	Kobaltoxydul;
Grün:	Chromoxyd, Kupferoxyd;	Eisenoxyd, Chromoxyd;
Violett:	Manganoxydul.	

Nachdem man mit der zu prüfenden Substanz die beschriebenen Versuche auf trocknem Wege gemacht hat, bringt man sie in Lösung. War der Körper ursprünglich flüssig und hat man zu den vorher beschriebenen Versuchen einen Theil desselben eingedampft, so verwendet man diese Lösung geradezu zu der weiteren Untersuchung.

223. Die Art der Auflösung ist, je nach der Natur der Körper, sehr verschieden; zunächst versucht man, ob sich der Körper in Wasser löst; ist er darin unlöslich, so versucht man ihn in Salzsäure zu lösen, wobei man wohl beobachtet, ob sich ein Gas entwickelt, und ob dieses Gas etwa an seinem Geruch erkannt werden kann; hierauf versucht man mit Salpetersäure und später mit Königswasser; öfters führt auch erst eine succesive Behandlung mit Salzsäure und Salpetersäure, oder auch umgekehrt, zum Ziele. Löst sich der Körper dagegen in allen den genannten Säuren nicht, so muss man denselben aufschliessen, d. h. ihn durch Erhitzen mit irgend einem anderen Körper in lösliche Form überführen. Hierzu ist es nun nothwendig, genügende Vorprüfung angestellt zu haben, um über die Natur der fraglichen Substanz eine ungefähre Kenntniss zu haben.

224. Unlösliche schwefelsaure Salze (Erkennung nach 221) werden mit der 4—5fachen Menge kohlensauren Natronkalis (eines Gemisches von kohlensaurem Kali und kohlensaurem Natron) gemengt und in einem Platintiegel geschmolzen; die Schmelze wird mit Wasser ausgezogen, worin sich die Säure an Natron gebunden auflöst, und der Rückstand mit Salzsäure aufgenommen; die letztere Lösung enthält die Base.

225. Thonerde (Aluminate) und Chromoxyd (Chromeisenstein) (Erkennung nach 219 oder durch die Perlenreaction) werden mit saurem schwefelsaurem Kali geschmolzen, die Schmelze zur Verjagung der überschüssigen Schwefelsäure sehr schwach geglüht und hierauf in Wasser gelöst.

226. Silicate werden mit kohlensaurem Natronkali einige Zeit geschmolzen, die Schmelze mit Wasser und Salzsäure behandelt, die Masse alsdann eingetrocknet und der trockne Rückstand mit Wasser und wenig Salzsäure aufgenommen, wobei sich, mit Ausnahme der Kieselsäure, alles löst.

Nachdem man sich nach einer dieser Methoden eine klare Lösung verschafft hat, prüft man deren Reaction auf Lackmus, wenn dieselbe noch nicht bekannt ist.

227. Eine neutrale oder alkalische Flüssigkeit wird hierauf mit Salzsäure angesäuert, wenn dadurch ein Niederschlag*) ent-

*) Ein durch Salzsäure entstandener Niederschlag kann enthalten: 1) AgCl, PbCl und Hg_2Cl; er ist dann weiss und wird abfiltrirt und nach 157 unter-

standen ist, filtrirt, und in der folgenden Weise weiter behandelt.

A. Man leitet in die angesäuerte Lösung **Schwefelwasserstoffgas** und zwar so lange, bis keine weitere Fällung mehr bewirkt wird, filtrirt ab und wäscht den Niederschlag mit schwefelwasserstoffhaltigem Wasser aus:

<table>
<tr>
<td rowspan="3">Niederschlag enthält:
a. AsS_3, SbS_3, SbS_5, SnS, SnS_2; sämmtlich hellgefärbt und leicht löslich in Schwefelammonium;
b. Hg_2S, HgS, PbS, AgS, CuS, BiS_3, CuS und CdS, wovon die beiden ersten von Salpetersäure nicht aufgelöst werden, während die anderen dadurch in schwefelsaure oder salpetersaure Salze verwandelt werden; nur das Schwefelcadmium ist hell gefärbt
a Gruppe VII; b Gruppe VI;</td>
<td colspan="3">Filtrat enthält alle übrigen Metalle; man versetzt es mit Salmiak, Ammoniak (bis zur alkalischen Reaction) und Schwefelammonium, filtrirt von dem entstandenen Niederschlag ab und wäscht denselben gut aus:</td>
</tr>
<tr>
<td rowspan="2">Niederschlag enthält:
a. als Schwefelmetalle: ZnS, MnS, CoS, NiS, FeS;
b. als Oxydhydrate: $Al_2O_3 3HO$, $Cr_2O_3 3HO$;
c. als Salze: phosphorsaure alkalische Erden.
a Gruppe III; b Gruppe IV; c Gruppe V;</td>
<td colspan="2">Filtrat enthält die alkalischen Erden und Alkalien; man versetzt es mit kohlensaurem Ammoniak, Salmiak und Ammoniak und kocht:</td>
</tr>
<tr>
<td>Niederschlag enthält: $BaOCO_2$; $SrOCO_2$; $CaOCO_2$;
Gruppe II;</td>
<td>Filtrat enthält: Magnesia u. die Alkalien.
Gruppe I.</td>
</tr>
</table>

Die Anwendung dieser Tabelle ist leicht verständlich; sie zeigt die Methode, wie die Metalle durch ein einfaches Verfahren in mehrere Gruppen getrennt werden können. Der weiteren Analyse bleibt es vorbehalten, die Bestandtheile jedes einzelnen Niederschlages nachzuweisen. Es ist hier noch ausdrücklich zu bemerken, dass man die drei Reagentien in der bezeichneten Reihenfolge anwenden muss, wenn man die Trennung der einzelnen Gruppen in so einfacher Weise erreichen will.

B. **Untersuchung des Schwefelwasserstoffniederschlags.** Die Trennung der Gruppen VI und VII geschieht durch Behandlung des ausgewaschenen Niederschlags mit Schwefelammonium; bei Anwesenheit von Kupfer mit Schwefelnatrium und bei gleichzeitiger Anwesenheit von Quecksilber durch succesive Anwendung beider. Die Schwefelmetalle der Gruppe VII lösen sich unter Bildung von Sulfosalzen, während diejenigen der Gruppe VI ungelöst bleiben.

sucht; oder 2) Kieselsäure, er ist dann ebenfalls weiss; oder 3) Schwefelmetalle, welche als Sulfosäuren in einem Sulfosalz enthalten waren, die ursprüngliche Lösung reagirt dann alkalisch und entwickelt auf Zusatz von Säuren Schwefelwasserstoff; der Niederschlag wird abfiltrirt und nach 197, 198, 199 oder 200 weiter untersucht. Schliesslich können aus einer alkalischen Flüssigkeit noch Cyanverbindungen gefällt werden.

Die Lösung in Schwefelammonium wird mit Schwefelsäure gefällt und der Niederschlag nach 197, 198, 199 oder 200 weiter untersucht.

Der Rückstand wird mit Salpetersäure behandelt.

a) Es lösen sich: $PbS, AgS, BiS_3, CuS, CdS$;

die Lösung wird mit verdünnter Schwefelsäure versetzt:

<table>
<tr><td rowspan="3">Niederschlag: $PbOSO_3$</td><td colspan="3">Filtrat wird mit Salzsäure versetzt:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Niederschlag: $AgCl$</td><td colspan="2">Filtrat wird mit Ammoniak versetzt:</td></tr>
<tr><td>Niederschlag: $BiO_3 3HO$,</td><td>Filtrat enthält: CuO (und ist dann blau) und CdO.*)</td></tr>
</table>

*) An der blauen Farbe der ammoniakalischen Flüssigkeit erkennt man schon mit genügender Sicherheit die Anwesenheit des Kupfers; um darin Kadmium nachzuweisen, versetzt man sie am einfachsten mit Cyankaliumlösung bis zur Entfärbung und leitet Schwefelwasserstoff ein; das Entstehen eines gelben Niederschlags (CdS) deutet auf Kadmium.

b) Es bleiben ungelöst: Hg_2S, HgS und $PbOSO_3$; die weitere Untersuchung geschieht nach 156.

C. Untersuchung des Schwefelammoniumniederschlags. Trennung der Gruppen III, IV, V. Ehe man sich an die Untersuchung dieses Niederschlags wendet, ist es vortheilhaft, auf die Anwesenheit oder Abwesenheit von Chrom zu prüfen, was mit Hülfe einer Perlenreaction sehr leicht geschieht.

1. Bei Abwesenheit von Chrom.

a) Der Niederschlag war hell gefärbt (Abwesenheit von Co, Ni, Fe).

Man löst den Niederschlag in Salzsäure auf und versetzt die Lösung mit einem Ueberschuss von Kali- oder Natronlauge:

<table>
<tr><td colspan="2">Niederschlag enthält: $MnOHO$ und die phosphorsauren alkalischen Erden. Man löst ihn in Salzsäure, setzt Salmiak und Ammoniak zu:</td><td rowspan="2">Filtrat enthält: Al_2O_3 und ZnO. Man theilt in zwei Theile, den einen Theil versetzt man mit Salmiak, Niederschlag: $Al_2O_3 3HO$; den anderen versetzt man mit Schwefelwasserstoffwasser, Niederschlag: ZnS.</td></tr>
<tr><td>Niederschlag enthält: phosphorsaure alkalische Erden;</td><td>Filtrat enthält: $MnOHO$.</td></tr>
</table>

b) Der Niederschlag war dunkel gefärbt:

Man behandelt ihn mit kalter verdünnter Salzsäure; ein bleibender Rückstand, CoS und NiS, wird nach 105, 106 und 107 untersucht. Die Lösung wird, zur Verjagung des Schwefelwasserstoffs, gekocht und mit Salpetersäure erwärmt, um alles Eisen in

die Oxydform überzuführen, hierauf mit Natronlauge nahezu neutralisirt, mit essigsaurem Natron versetzt und so lange gekocht, bis die Lösung farblos geworden ist.*)

Niederschlag enthält: Al und Fe; man löst denselben in wenig Salzsäure und kocht mit Natronlauge;		Filtrat enthält: Zn und Mn; man leitet in dasselbe Schwefelwasserstoff;	
Niederschlag enthält: $Fe_2O_3\,3HO$	Filtrat enthält: Al	Niederschlag enthält: ZnS	Filtrat enthält: Mn

2. Bei Anwesenheit von Chrom.

Man löst den Niederschlag in kalter verdünnter Salzsäure; ein Rückstand, CoS und NiS, wird nach 105, 106 und 107 untersucht. Die Lösung kocht man zuerst für sich und hierauf mit Salpetersäure; alsdann prüft man einen kleinen Theil derselben nach 215 auf Phosphorsäure.

a) Die Lösung ist frei von Phosphorsäure;

man neutralisirt dieselbe nahezu mit kohlensaurem Natron, setzt alsdann kohlensauren Baryt zu, schüttelt in der Kälte mehrere Male tüchtig um und filtrirt:

Niederschlag enthält: $Cr_2O_3\,3HO$, $Fe_2O_3 3HO$, $Al_2O_3 3HO$ (und $BaOCO_2$) und wird nach 97 weiter untersucht.	Filtrat enthält: Mn, Zn; man fällt durch Schwefelsäure den in Lösung übergegangenen Baryt und im Filtrat durch Kali- oder Natronlauge, MnOHO, in Lösung bleibt das Zn.

b) Die Lösung enthält Phosphorsäure;

α) man fällt in einem Theil mit Schwefelsäure, Baryt auf Strontian, und untersucht den Niederschlag nach 44;

β) einen zweiten Theil prüft man mit Rhodankalium auf Eisen;

γ) einen dritten Theil versetzt man, wenn nöthig, mit soviel Eisen, dass Ammoniak einen gelben Niederschlag hervorbringt, alsdann neutralisirt man nahezu mit kohlensaurem Natron, setzt kohlensauren Baryt zu, schüttelt in der Kälte mehrere Male tüchtig um und filtrirt:

*) Im Falle phosphorsaure alkalische Erden vorhanden sind, wird die Phosphorsäure bei Anwesenheit einer genügenden Menge von Eisen mit demselben gefällt; ist dagegen nur wenig Eisen vorhanden, so muss noch so viel Eisenchlorid zugesetzt werden, dass durch essigsaures Natron in der Kälte eine blutrothe Färbung entsteht. Die alkalischen Erden finden sich bei dem Mangan, werden nach 86 von demselben getrennt und hierauf nach 43 und 44 weiter untersucht.

Niederschlag enthält: $Cr_2O_3 3HO$, $Al_2O_3 3HO$, $Fe_2O_3 3HO$, $Fe_2O_3PO_5$ und $BaOCO_2$; man löst den Niederschlag in verdünnter Salzsäure, setzt Schwefelsäure zu, filtrirt von dem schwefelsauren Baryt ab, kocht das Filtrat mit Kali- oder Natronlauge und filtrirt;

Niederschlag enthält: $Cr_2O_3 3HO$, $Fe_2O_3 3HO$, $Fe_2O_3 PO_5$; man löst in Salzsäure und fällt mit Ammoniak und Schwefelammonium;. Eisen und Chrom sind im Niederschlag, der zur Prüfung auf Chrom am einfachsten mit Soda und Salpeter geschmolzen wird (die Schmelze giebt bei Anwesenheit von Chrom eine gelbe Lösung von chromsaurem Natron); die Phosphorsäure findet sich im Filtrat und kann durch Salmiak, Ammoniak und schwefelsaure Magnesia nachgewiesen werden.

Filtrat enthält: Al_2O_3; durch Salmiak als gallertartiger Niederschlag fällbar.

Filtrat enthält: Mn, Zn, Ca, Mg, Ba und Sr, man fällt mit Schwefelammonium, Salmiak und Ammoniak Mn und Zn und weist im Niederschlage beide nach dem Lösen in Salzsäure wie bei 2a nach; während die alkalischen Erden, mit Ausschluss des Baryts, im Filtrat nach 43 und 44 getrennt und nachgewiesen werden können.

D. Die Untersuchung des Niederschlags durch kohlensaures Ammoniak wird nach dem Auflösen in Salzsäure nach 44 ausgeführt.

E. Die Trennung der Magnesia von den Alkalien wird nach 47 (γ) ausgeführt.

F. Die Nachweisung der wichtigsten Säuren geschieht mit Hülfe der Reaction 202 bis 217.

Die Anwesenheit organischer Körper macht oft die unmittelbare Anwendung des beschriebenen Verfahrens unmöglich; es ist deshalb nöthig, diese vorher zu zerstören, was am einfachsten durch Glühen der zu prüfenden Substanz geschieht.

Liegen Cyanverbindungen vor, die man an dem eigenthümlichen Blausäuregeruch erkennt, der sich beim Kochen derselben mit conc. Salzsäure entwickelt, so dampft man am besten vorher mit conc. Schwefelsäure ein und verwendet den Rückstand zur Untersuchung auf die Metalle; zur Ermittelung der Säuren muss man dagegen die Cyanverbindung durch Fällung zersetzen, und verwendet man z. B. zur Abscheidung von Ferrocyanwasserstoffsäure, deren Anwesenheit an der blauen Fällung mit Eisenchlorid erkannt wird, Kupfervitriol, welcher unlösliches Ferrocyankupfer niederschlägt.

Quantitative Analyse.

A. Gewichtsanalyse.

Die quantitative Analyse hat den Zweck, die Zusammensetzung der Körper nach den Gewichtsverhältnissen ihrer Bestandtheile kennen zu lernen. Sie besteht je nach der Art der Zusammensetzung einer Substanz aus einer grösseren oder kleineren Reihe von Operationen, welche dazu dienen, die einzelnen Bestandtheile eines Körpers mit Hülfe chemischer Reaction in sicher wägbare Formen zu bringen. Die dabei angewandten chemischen Reactionen haben zunächst den Zweck, die Bestandtheile zu trennen und weiter die wägbare Verbindung herzustellen. Man wendet in den meisten Fällen die Trennungsmethoden an, welche bei der qualitativen Analyse im Gebrauch sind.

In den nächsten Abschnitten wollen wir zunächst die wichtigsten Operationen kennen lernen, alsdann die Formen oder Verbindungen, in welchen die Körper gewogen werden; zum Schluss werden wir noch einige specielle analytische Methoden zu beschreiben haben.

I. Operationen.

Die wichtigste Operation der quantitativen Analyse, welche auch zugleich in der Ausführung die grösste Genauigkeit verlangt, ist die Operation des Wägens. Vor allem gehört hierzu eine gute Wage. Der Chemiker bedient sich zu seinen Wägungen sehr feiner Wagen, welche bei einer Belastung von 100 Grammen noch 0,0001 Grammen durch einen deutlichen Ausschlag der Zunge anzeigen. Die Construction solch feiner Wagen und die Bedingung für ihren Werth finden sich im physikalischen Theile beschrieben.

Weiter bedarf man gut gearbeiteter genauer Gewichte. Allgemein sind jetzt bei wissenschaftlichen Untersuchungen die fran-

zösischen Grammgewichte im Gebrauch, deren Beziehung zu dem deutschen Gewichte im physikalischen Theile besprochen ist; man bedarf zu den quantitativen Analysen selten Gewichtssätze, welche grössere oder kleinere Stücke als von 100 Grammen bis 0,001 Gr. enthalten, indem die Decimaltheile eines Milligramms stets durch Verrückung eines Centigrammstückes auf dem Wagebalken hergestellt werden.

Die Ueberführung der zu prüfenden Substanz in einen für die quantitative Analyse brauchbaren Zustand ist ebenfalls eine Operation, welcher grosse Sorgfalt zugewendet werden muss; denn es ist genau darauf zu sehen, dass man beim Abwiegen der zu untersuchenden Substanz auch sicher nichts mit wägt, was in der Analyse nicht berücksichtigt werden soll. Will man z. B. den Schwefelsäuregehalt des Bittersalzes bestimmen, so muss man zusehen, dass man wirklich nur Bittersalz und nicht etwa leicht zu entfernende Feuchtigkeit mitwägt. Liegt ein Erz zur Analyse vor, so muss man suchen, dass man ein von begleitendem Gestein möglichst vollständig freies Stück in Arbeit nimmt, oder, wenn dies nicht zu bewerkstelligen ist, dass man doch wenigstens nur den Durchschnittsgehalt einer grösseren Menge an Verunreinigung in die Analyse hereinzieht, da es, wenigstens für praktische Zwecke, hauptsächlich darauf ankommt, die Zusammensetzung eines Erzes, so wie es sich in der Natur findet, also mit Gangart vermengt, zu kennen. Man muss also, mit einem Wort, die Substanzen in einen Zustand bringen, in dem man sie, behufs einer Controlanalyse, leicht immer wieder erhalten kann.

Wie die abzuwägende Substanz in einem, so zu sagen, Normalzustande anzuwenden ist, so muss sich auch der schliesslich zur Wägung gelangende Bestandtheil in einem Zustande befinden, in dem er mit Sicherheit gewogen werden kann.

Vor allem ist dazu nöthig, dass die genannten Substanzen trocken seien, d. h. dass sie kein Wasser mehr durch Verdunsten abgeben können. Die vorbereitende Bearbeitung einer Substanz, welche man quantitativ analysiren will, ist das Trocknen, und geschieht dasselbe entweder in einem kleinen, auf einem Dreifuss stehenden Kästchen von Kupferblech, dessen Inhalt man durch eine Gasflamme auf 90—100° C. erhitzt und in welches man einen Thermometer eingesenkt hat; oder in einem sogen. Exsiccator, in welchem die Substanzen bei gewöhnlicher Temperatur ihrer Feuchtigkeit beraubt werden. Die nachstehende Fig. 13 stellt die praktischste Form von Exsiccatoren dar; in dem unteren Glasgefäss befinden sich Chlorcalciumstücke oder conc. Schwefelsäure, während man die Substanz in einen Tiegel oder auf ein Uhrglas, welche auf dem eisernen Dreieck ruhen, bringt. Das obere Glas-

gefäss dient als Deckel; dass sich dieser Apparat in jeder beliebigen Grösse herstellen und ebenso zum Trockenhalten bereits trockner Substanzen verwenden lässt, versteht sich von selbst.

Fig. 13.



Eine weitere vorbereitende Behandlung der Substanz ist die mechanische Zerkleinerung, welche namentlich bei schwer löslichen Erzen oder Mineralien ganz unerlässlich ist und dann immer dem Trocknen vorausgeht. Man zerkleinert die Substanz zunächst in einem Stahlmörser und zerreibt sie alsdann in einem Achatmörser, bis sie „unfühlbar fein" ist, d. h. bis man beim Reiben zwischen den Fingerspitzen keine Körnchen mehr fühlt.

II. Quantitative Bestimmung der Körper.

Wir wollen nun die wichtigsten Metalle und Säuren der Reihe nach durchgehen und die Methoden beschreiben, nach denen man dieselben quantitativ bestimmt, in der Voraussetzung, dass wir jedesmal nur mit einem Metall oder einer Säure zu thun haben, und werden dabei Gelegenheit finden, die speciellen Operationen genauer zu beschreiben.

1. Kalium.

Das Kalium wird am besten als Kaliumplatinchlorid oder als schwefelsaures Kali gewogen.

228. a) Bestimmung als Kaliumplatinchlorid ($KCl + PtCl_2$). Man säuert die kaliumhaltige Lösung schwach mit Salzsäure an, setzt Platinchlorid und Weingeist zu und filtrirt auf einem, vorher bei 100° C. getrockneten und gewogenen Filter von schwedischem Filtrirpapier; man wäscht mit weingeisthaltigem Wasser aus; das Filtrat muss gelb gefärbt sein, denn sonst ist man nicht sicher, dass genug Platinchlorid zugegeben worden war. Den ausgewaschenen Niederschlag bringt man auf den Filter zwischen zwei ge-

wogene Uhrgläser und trocknet, zuerst bei niederer Temperatur, dann bei 100° C.; ist alle Feuchtigkeit entwichen, so wägt man Uhrgläser, Filter und Niederschlag, zieht vom Gesammtgewicht das Gewicht der Uhrgläser plus dem des Filters ab und erhält so das Gewicht des Kaliumplatinchlorids, woraus das Gewicht des Kaliums zu berechnen ist.

229. b) Bestimmung des Kaliums als schwefelsaures Kali, $KOSO_3$. Man dampft die Lösung der betreffenden Substanz, die keine fixen Säuren enthalten darf, in einer gewogenen Platinschale auf dem Wasserbade mit Schwefelsäure so weit als möglich ein, bringt die Schale alsdann auf freies Feuer und erhitzt so vorsichtig, dass nichts wegspritzt, allmählig bis zum schwachen Glühen; hierbei entweicht sämmtliche überschüssige Schwefelsäure, und das vorher gebildete saure schwefelsaure Kali verwandelt sich in neutrales Salz; die heisse Schale setzt man in einen Exsiccator, lässt erkalten und wägt. Vom Gesammtgewicht zieht man das der Schale ab und erhält das Gewicht des schwefelsauren Kalis.

2. Natrium.

230. Das Natrium wird entweder als Chlornatrium oder als schwefelsaures Natron gewogen, auch als salpetersaures Natron kann man es wägen; bei der Bestimmung als schwefelsaures Natron verfährt man nach 229, bei der Bestimmung als Chlornatrium oder als salpetersaures Natron erhitzt man jedoch nur bis zum Schmelzen, was bei schwacher Rothglühhitze geschieht.

3. Ammoniak.

231. Das Ammoniak wird bei der Gewichtsanalyse als Platinsalmiak bestimmt und verfährt man zu dessen Abscheidung nach 228.

4. Baryum, Strontium.

Diese beiden alkalischen Erdmetalle werden entweder als schwefelsaure oder als kohlensaure Salze gewogen.

232. a) Bestimmung des Baryums und Strontiums als schwefelsaure Salze.

Die Unlöslichkeit dieser Salze, selbst in heissem Wasser, gestattet eine sehr vollständige Abscheidung derselben; man fällt sie mit Schwefelsäure in der Wärme aus, lässt den Niederschlag absitzen, filtrirt, sobald die überstehende Flüs-

sigkeit klar geworden ist, und wäscht mit heissem Wasser aus; alsdann wird der Niederschlag getrocknet und schliesslich geglüht. Die Operation des Glühens muss mit Vorsicht ausgeführt werden, damit nichts verloren geht und durch die Kohle des Filterpapiers keine Reduction des Niederschlags veranlasst wird; man verfährt dabei folgendermassen: Der Niederschlag wird über einem Bogen Glanzpapier möglichst vollständig vom Filter entfernt, was bei den genannten schwefelsauren Salzen, wenn sie nur stark genug getrocknet sind, leicht geht; alsdann wird das Filter sehr fest zusammengerollt, diese Rolle mit einem Platindraht umwickelt und in eine nicht leuchtende Gasflamme gehalten. Das Papier verbrennt vollständig und hinterlässt nur eine sehr geringe Menge von Asche; ist das Filter sehr fest gerollt, so hat man nur nöthig die Rolle einmal zu entzünden, worauf sie dann bis zur vollständigen Verbrennung weiter glimmt. Die Asche des Filters und der Niederschlag selbst werden alsdann in einen vorher gewogenen Platintiegel gebracht, geglüht und gewogen.

233. b) Bestimmung des Baryums und Strontiums als kohlensaure Salze.
Die kohlensauren Salze werden durch kohlensaures Ammoniak und Ammoniak aus ihrer Lösung gefällt (man hat hierbei zu berücksichtigen, dass dieselben in Salmiak merklich löslich sind), der Niederschlag wird filtrirt, ausgewaschen, getrocknet und wie bei 232 geglüht. Es ist nothwendig, den Niederschlag nach dem Glühen nochmals mit etwas kohlensaurem Ammoniak zusammenzubringen (denn durch die Operation des Filterverbrennens ist sicher immer etwas kohlensaures Salz seiner Kohlensäure beraubt worden), und hierauf sehr schwach zu glühen. Durch starkes Glühen kann man den kohlensauren Strontian kaustisch brennen; im Gebläsefeuer verliert auch der kohlensaure Baryt langsam seine Kohlensäure.

5. Calcium.

Das Calcium wird meist als oxalsaurer Kalk gefällt und als kohlensaurer Kalk gewogen, seltener als schwefelsaurer Kalk.

234. a) Bestimmung des Calciums als oxalsaurer, resp. kohlensaurer Kalk. Man fällt die Kalklösung in der Wärme durch Ammoniak und oxalsauren Ammoniak, filtrirt, wäscht aus, trocknet und glüht, wie bei 232, so stark, dass die anfänglich grau werdende Masse wieder weiss wird; hierbei hat sich unfehlbar etwas kaustischer Kalk gebildet, der

wie bei 233 in kohlensauren verwandelt wird. Ist die Menge des Niederschlags nicht zu gross, so kann man den kohlensauren Kalk kaustisch brennen.

235. b) Die Bestimmung des Calciums als schwefelsaurer Kalk wird nur selten angewandt. Um den schwefelsauren Kalk vollständig abzuscheiden, muss man der Flüssigkeit Weingeist zusetzen.

6. Magnesium.

236. Das Magnesium wird als phosphorsaure Ammoniakmagnesia gefällt und als pyrophosphorsaure Magnesia, $2MgO.PO_5$, gewogen. Man versetzt die magnesiumhaltige Flüssigkeit mit soviel Salmiak, dass Ammoniak keine Fällung hervorbringt, hierauf mit Ammoniak und phosphorsaurem Natron; den Niederschlag lässt man sich bei gelinder Wärme absetzen, filtrirt, sobald die überstehende Flüssigkeit klar geworden ist, wäscht mit ammoniakhaltigem Wasser aus, trocknet und glüht, wie bei 232. Der anfänglich gebildete Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia verliert beim Glühen den Rest des Krystallwassers und Ammoniak, und verwandelt sich in pyrophosphorsaure Magnesia, welche gewogen wird.

7. Aluminium.

237. Das Aluminium wird als Thonerdehydrat gefällt und als Thonerde gewogen. Man fällt das Thonerdehydrat durch Ammoniak als gallertartigen weissen Niederschlag, erhitzt bis die Hauptmenge des überschüssigen Ammoniaks verjagt ist, und filtrirt noch heiss. Der mit heissem Wasser ausgewaschene Niederschlag wird getrocknet, geglüht und gewogen. Das getrocknete Thonerdehydrat bildet eine harte, gelblichweisse Masse; die geglühte Thonerde ist ein zartes, weisses Pulver.

8. Eisen.

238. Das Eisen wird als Eisenoxydhydrat gefällt und als Eisenoxyd gewogen. Der Niederschlag ist rothbraun und nach dem Glühen braunschwarz; man verfährt nach 237.

9. Mangan.

Das Mangan wird als Manganoxyduloxyd, Mn_3O_4, gewogen, aber als kohlensaures Manganoxydul oder als Manganoxydulhydrat gefällt.

239. a) Die Fällung als kohlensaures Manganoxydul geschieht mit kohlensaurem Natron, welches man in geringem Ueberschuss anwendet; im Uebrigen verfährt man wie in den vorherigen Beispielen.

240. b) Die Fällung als Manganoxydulhydrat wird durch Kali- oder Natronlauge bewirkt.

241. Um kohlensaures Manganoxydul oder Manganoxydulhydrat in Manganoxyduloxyd zu verwandeln, muss man längere Zeit und stark in einem offnen Tiegel glühen. Eine Wägung ist jedoch nicht ausreichend, sondern man muss zweimal wägen und dazwischen glühen, um zu sehen, ob das Gewicht durch weiteres Glühen nicht verändert wird. Das Manganoxyduloxyd ist braun, färbt sich aber beim Erhitzen dunkler.

10. Chrom.

242. Das Chrom wird als Chromoxydhydrat gefällt und als Chromoxyd gewogen. Der Niederschlag ist hellgrün und die geglühte Masse dunkelgrün; man verfährt genau nach 237.

11. Kobalt.

Das Kobalt wird, entweder in metallischem Zustande, oder als Kobaltoxyduloxyd, Co_3O_4, oder als salpetrigsaures Kobaltoxydkali gewogen; in den beiden ersten Fällen wird es als Schwefelkobalt gefällt, im letzteren Fall wird es in der Form gefällt, in der es auch gewogen wird.

243. a) Bestimmung als metallisches Kobalt. Man versetzt die Lösung mit Schwefelammonium, filtrirt vom ausgeschiedenen Schwefelkobalt ab, löst dasselbe in Königswasser auf, filtrirt, wenn nöthig, vom ausgeschiedenen Schwefel ab, und erhitzt das gebildete Chlorkobalt, nach dem Eindampfen seiner Lösung zur Trockne in einer gewogenen Kugelröhre im Wasserstoffstrom; es bleibt reines metallisches Kobalt zurück.

244. b) Bestimmung als Kobaltoxyduloxyd. Man verfährt wie oben, nur löst man das Schwefelkobalt in Salpetersäure, und erhitzt das so gebildete salpetersaure Kobaltoxydul für sich in einem gewogenen offnen Tiegel. Für die Bestimmung des Gewichts gilt das bei 241 Gesagte.

245. c) Bestimmung als salpetrigsaures Kobaltoxydkali, $Co_2O_3 3KO.5NO_3.HO$. Man fällt die Lösung unter den pag. 153 angegebenen Bedingungen, filtrirt auf einem gewogenen Filter, trocknet bei 100° C. und wägt; am besten wäscht man den Niederschlag mit einer Lösung von essigsaurem

Kali aus, und verdrängt schliesslich durch Weingeist den anhängenden Theil dieses Salzes.

12. Nickel.

246. Das Nickel wird als Nickeloxydulhydrat gefällt und als Nickeloxydul gewogen; man versetzt die Flüssigkeit mit Kali- oder Natronlauge in geringem Ueberschuss, erwärmt, lässt absitzen, filtrirt, wäscht mit heissem Wasser aus, trocknet, glüht und wägt.

13. Zink.

247. Das Zink wird immer als basisch kohlensaures Zinkoxyd gefällt und als Zinkoxyd gewogen. Man versetzt die heisse Lösung mit kohlensaurem Natron, filtrirt, wäscht aus, trocknet und glüht, wobei alle Kohlensäure entfernt wird.

14. Blei.

Das Blei wird als schwefelsaures Bleioxyd und als Schwefelblei gefällt und gewogen, oder als basisch kohlensaures Bleioxyd gefällt und als Bleioxyd gewogen.

248. a) Bestimmung als schwefelsaures Bleioxyd. Die Unlöslichkeit des schwefelsauren Bleioxyds, namentlich in weingeisthaltigem Wasser, gestattet eine vollständige Abscheidung des Bleis aus seinen Lösungen. Man fällt mit verdünnter Schwefelsäure, filtrirt nach einiger Zeit, wäscht mit weingeisthaltigem Wasser aus, trocknet, erhitzt in einem gewogenen Porzellantiegel und wägt

249. b) Bestimmung als Schwefelblei. Man leitet in die saure Lösung Schwefelwasserstoff so lange, als noch ein Niederschlag entsteht, filtrirt, wäscht aus, trocknet und bringt den Niederschlag in einen Porzellantiegel, dessen Deckel in der Mitte ein Loch hat; das Filter wird zuerst im Tiegel verbrannt; über den Niederschlag bringt man eine Lage von Schwefelblumen und leitet alsdann durch eine, durch die Oeffnung im Deckel gesteckte, bis auf den Niederschlag herabreichende Röhre, trocknen Wasserstoff ein; ist der ganze Apparat mit Wasserstoff gefüllt, so beginnt man den Porzellantiegel zu erhitzen; man fährt damit etwa zehn Minuten lang fort, lässt alsdann erkalten und wägt; im Tiegel befindet sich reines Schwefelblei und die Filterasche.

250. c) Bestimmung als Bleioxyd. Man versetzt die Flüssigkeit mit kohlensaurem Natron in geringem Ueberschuss,

erwärmt, filtrirt, wäscht aus, trocknet und glüht. Hierbei entweicht die Kohlensäure und es bleibt gelbes, in der Hitze braunrothes Bleioxyd zurück, welches gewogen wird. Platintiegel dürfen bei dieser Operation nicht verwendet werden.

15. Kupfer.

Das Kupfer wird als Kupferoxyd oder als Schwefelkupfer gefällt und gewogen.

251. a) Die Bestimmung des Kupfers als Kupferoxyd geschieht genau nach 246. Der anfänglich blaue Niederschlag wird beim Erhitzen schwarz; erst wenn diese Umwandlung vollständig ist, wird filtrirt.

252. b) Die Bestimmung des Kupfers als Schwefelkupfer geschieht nach 249.

16. Wismuth.

253. Das Wismuth wird in der Regel als Wismuthoxyd gewogen und verfährt man dabei nach 250, analog der Bestimmung des Bleis als Bleioxyd.

17. Zinn.

254. Das Zinn wird fast ausschliesslich als Zinnoxyd gewogen. Aus seinen Lösungen wird, nachdem man durch Salpetersäure oxydirt hat, durch Ammoniak weisse a-Zinnsäure gefällt, durch Glühen geht diese in gelbes Zinnoxyd über.

18. Arsen.

255. Das Arsen wird als arsensaure Ammoniakmagnesia gewogen; man oxydirt die arsenhaltige Lösung, im Falle sie noch nicht alles Arsen als Arsensäure enthält, mit Salzsäure und chlorsaurem Kali, setzt Ammoniak im Ueberschuss, dann Salmiak und schwefelsaure Magnesia hinzu, lässt einige Zeit stehen, filtrirt auf einem gewogenen, vorher bei 100° C. getrockneten Filter, wäscht mit ammoniakhaltigem Wasser aus, trocknet den Niederschlag bei 100° C. und wägt. Der getrocknete Niederschlag hat die Formel ($NH_4O\,2MgO.AsO_5 + HO$).

19. Antimon.

256. Das Antimon wird in der Regel als Antimonsulfür gefällt und gewogen; man leitet Schwefelwasserstoff in die ange-

säuerte, schwach erwärmte Flüssigkeit und lässt einige Zeit ruhig stehen. Der Niederschlag wird alsdann filtrirt, ausgewaschen und gewogen; ein aliquoter Theil wird alsdann auf ein gewogenes Porzellanschiffchen gebracht und dieses in eine Glasröhre hineingeschoben, welche mit einem Apparat in Verbindung steht, in dem Kohlensäure entwickelt und getrocknet wird; während man einen ziemlich lebhaften Strom von Kohlensäure durch die Röhre und über das Schwefelantimon streichen lässt, erhitzt man letzteres längere Zeit so stark, dass es dunkel wird; alsdann lässt man im Kohlensäurestrom erkalten, nimmt das Schiffchen heraus und wägt. Dieses Erhitzen hat einerseits den Zweck, reines Antimonsulfür vollständig zu trocknen, andererseits auch etwa vorhandenes Antimonsulfid, SbS_5, in Antimonsulfür zu verwandeln.

20. Silber.

257. Man bestimmt das Silber am besten als Chlorsilber und fällt es zu dem Behufe mit Salzsäure, die nicht zu concentrirt und in nicht zu grossem Ueberschusse angewendet werden darf; der Niederschlag kann sowohl durch Decantation, als auch auf die gewöhnliche Weise ausgewaschen werden.

21. Säuren.

258. a) Schwefelsäure fällt man mit Chlorbaryum und verfährt nach 232; es ist dabei rathsam, keinen grossen Ueberschuss von Chlorbaryum anzuwenden, und die Flüssigkeit nicht zu concentrirt zu lassen.

259. b) Salzsäure fällt man mit salpetersaurem Silberoxyd und verfährt nach 257.

260. c) Phosphorsäure wird durch Salmiak, Ammoniak und schwefelsaure Magnesia gefällt und hierbei nach 236 verfahren.

261. d) Salpetersäure wird am genauesten maassanalytisch bestimmt.

e) Kohlensäure.

262. α) Freie Kohlensäure, wie sie z. B. in kohlensäurehaltigen Wässern enthalten ist, wird in folgender Weise bestimmt. Man bereitet sich eine klare Mischung von Chlorbaryumlösung mit Ammoniak und bringt unter Vorsichtsmaassregeln, die hier nicht näher beschrieben werden können, ein bestimmtes Quantum von wässeriger Lösung der Kohlensäure hinzu, wäscht den nach kurzer Zeit entstandenen Nie-

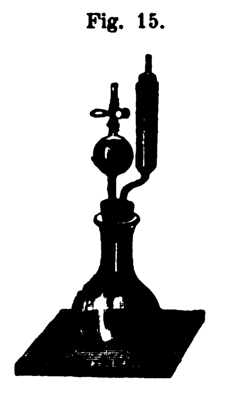
derschlag von kohlensaurem Baryt unter möglichstem Luftabschluss durch Decantation gehörig aus, trocknet, glüht gelinde und wägt.

Besser noch bestimmt man diese Kohlensäure maassanalytisch, wie diejenige der atmosphärischen Luft.

263. *β*) Gebundene Kohlensäure wird meist aus dem Gewichtsverluste bestimmt, den Apparate erleiden, in denen sich die zu untersuchende Substanz und die zur Austreibung der Kohlensäure bestimmte Säure befindet, wenn die Kohlensäure getrocknet entweicht. Die Figuren 14 und 15 stellen zwei zu diesem Zweck praktisch construirte Apparate dar.

Fig. 14.

Fig. 15.



In Fig. 14 sind A und B zwei gleich grosse etwa 100 CC. fassende Kölbchen von dünnem Glas, in deren eines, A, das betreffende abgewogene kohlensaure Salz mit Wasser, und in deren anderes, B, die zur Lösung bestimmte concentrirte Schwefelsäure gebracht wird. Die übrige Einrichtung des Apparates ist durch die Zeichnung verständlich; man wägt, nachdem die genannten Füllungen geschehen sind, den ganzen Apparat, setzt alsdann bei b ein Wachspfröpfchen zum Verschliessen des Rohrs a b auf und saugt durch die Röhre d ein wenig Luft aus dem Apparate, wodurch in beiden Kölbchen luftverdünnte Räume entstehen; sobald man aufhört zu saugen und die Röhre d öffnet, steigt, in Folge der Ausgleichung des Luftdrucks, etwas Schwefelsäure aus B nach A, es entwickelt sich Kohlensäure, diese entweicht durch die Röhre c, streicht durch die conc. Schwefelsäure in B, wird daselbst getrocknet und entweicht durch die Röhre d; nachdem die Kohlensäureentwicklung aufgehört hat,

wiederholt man das Saugen, und bewirkt damit die Austreibung neuer Mengen von Kohlensäure; man setzt diese Operation so lange fort, bis sich in A keine Kohlensäure mehr entwickelt; durch die in die wässerige Flüssigkeit in A einströmende conc. Schwefelsäure ist deren Temperatur so gestiegen, dass fast gar keine Kohlensäure mehr suspendirt bleibt; durch Hineinhalten des Kölbchens A in heisses Wasser und Aussaugen durch die Röhre d, bei geöffneter Röhre ab, wird die letzte Spur Kohlensäure entfernt; man lässt hierauf den ganzen Apparat erkalten und wägt; die Gewichtsdifferenz dieser und der ersten Wägung ist das Gewicht der entwichenen Kohlensäure.

Dieser Apparat lässt sich übrigens nur in dem Falle verwenden, wenn die Schwefelsäure mit der an die Kohlensäure gebundenen Base ein lösliches Salz bildet, z. B. bei der Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Potasche oder Soda, während zur Kohlensäurebestimmung im Kalkspath der Apparat, welchen Fig. 15 darstellt, angewendet wird:

264. Die abgewogene Substanz befindet sich hier in einem kleinen Glasröhrchen, welches an einem durch den Stopfen des Kölbchens eingeklemmten Platindraht hängt und nicht in die im Kölbchen befindliche Flüssigkeit taucht; in der kleinen Kugelröhre befindet sich verdünnte Salpetersäure, und in dem anderen Röhrchen kleine Chlorcalciumstücke oder mit conc. Schwefelsäure befeuchtete Bimsteinstücke; so vorbereitet, wird der ganze Apparat gewogen, alsdann durch Heben des Stopfens das Röhrchen mit der Substanz in die Flüssigkeit fallen gelassen, worauf der Stopfen wieder fest aufgesetzt wird, und durch rasches Oeffnen und Schliessen des Quetschhahns die Salpetersäure in das Kölbchen gebracht; die Kohlensäure entwickelt sich und entweicht durch das zweite Röhrchen völlig getrocknet. Im Uebrigen verfährt man wie oben.

265. Diese Bestimmungsmethoden der genannten Säuren lassen sich auch für die Fälle anwenden, wo die Säuren an Basen gebunden sind; natürlich darf die Base selbst mit dem jeweiligen Fällungsmittel keinen Niederschlag geben; so kann man z. B. bei Gegenwart von Silber die Schwefelsäure nicht mit Chlorbaryum fällen, sondern man muss in diesem Falle das Silber zunächst durch Salzsäure abscheiden, oder man muss statt des Chlorbaryums salpetersauren Baryt anwenden; auch lässt sich Phosphorsäure bei Gegenwart von schweren Metallen oder alkalischen Erden nicht nach 260 bestimmen, sondern erst nachdem man sie von denselben getrennt hat, was am vollständigsten durch Ausfällung mit molybdänsaurem

Ammoniak in saurer Lösung geschieht, da der hierdurch erhaltene Niederschlag in Ammoniak löslich ist und sich die Phosphorsäure aus dieser Lösung nach 260 fällen lässt.

III. Trennung der Körper.

266. Die Trennung der Basen und Säuren von einander behufs ihrer quantitativen Bestimmung wird in den meisten Fällen durch die bei der qualitativen Analyse schon beschriebenen chemischen Reactionen bewirkt. Es sind jedoch ausserdem für eine ziemlich bedeutende Anzahl von Fällen besondere Trennungsmethoden im Gebrauch. Eine Beschreibung dieser letzteren ist hier um so weniger am Platze, als dieselben entweder nur ganz specielles Interesse haben oder unter Anwendung bekannter chemischer Processe nur verstanden werden könnten, wenn wir alle Details der Operationen beschreiben wollten, was uns hier zu weit führen würde. Wir wollen uns damit begnügen, im nächsten Abschnitt die Ausführung einiger besonders wichtigen analytischen Methoden im Detail zu beschreiben, indem wir hinsichtlich der andern auf die speciellen Handbücher der quantitativen chemischen Analyse verweisen.

IV. Ausführung einiger Analysen.

1. Analyse der krystallisirten schwefelsauren Magnesia. $MgOSO_3 + 7HO$.

In der schwefelsauren Magnesia ist Magnesia, Schwefelsäure und das Krystallwasser zu bestimmen.

267. a) Bestimmung der Magnesia. Man wägt etwa 1 Gr. des lufttrocknen Salzes ab, löst in Wasser und verfährt nach 236.

268. b) Bestimmung der Schwefelsäure. Man verfährt mit der Lösung von etwa 1 Gr. des lufttrocknen Salzes nach 232.

269. c) Bestimmung des Krystallwassers. Man wägt 1—2 Gr. des lufttrocknen Salzes in einem Platintiegel ab und erhitzt in einem Trockenkasten auf 140—150° C.; nach einer Stunde setzt man den Tiegel in einen Exsiccator, lässt erkalten und wägt; alsdann erhitzt man nochmals auf die-

selbe Temperatur etwa ein halbe Stunde lang, lässt wieder im Exsiccator erkalten und wägt wieder; ist das Gewicht übereinstimmend mit dem der ersten Wägung, so hat man den einen Theil des Krystallwassers bestimmt; man glüht alsdann, um auch das letzte Aequivalent Wasser auszutreiben, und wägt mit den angegebenen Vorsichtsmassregeln.

2. Analyse des krystallisirten Kupfervitriols. $CuOSO_3 + 5HO$.

270. a) Bestimmung des Kupferoxyds. Man löst circa 1 Gr. des Salzes in Wasser auf und verfährt nach 251.

271. b) Bestimmung der Schwefelsäure nach 232.

272. c) Bei der Bestimmung des Krystallwassers ist zu berücksichtigen, dass der Kupfervitriol bei 140° C. vier Aeq. Wasser verliert und erst über 250° C. das fünfte; man verfährt im Uebrigen wie bei 269, mit der Vorsicht das trockne Salz nur sehr schwach zu erhitzen, weil sich der Kupfervitriol schon bei der schwachen Rothglühhitze zu zersetzen beginnt, was daran erkannt wird, dass sich das durch Entwässerung weiss gewordene Salz etwas grau färbt; ist dieser Fall eingetreten, so ist der Versuch zu wiederholen, weil dann jedenfalls schon etwas Schwefelsäure entwichen ist.

3. Analyse des Kalkspaths. $CaOCO_2$.

273. a) Zur Bestimmung des Kalks löst man etwa 1 Gr. Substanz in verdünnter Salzsäure und verfährt nach 234;

274. b) Die Bestimmung der Kohlensäure wird mit etwa 1 Gr. Substanz nach 264 ausgeführt.

4. Analyse des Chromalauns. $Cr_2O_3 3SO_3 + KOSO_3 + 24HO$.

275. a) Bestimmung des Chroms. Man löst circa 1 Gr. des Salzes in Wasser auf, erhitzt die Lösung, setzt Ammoniak in kleinem Ueberschuss zu und kocht zur Verjagung des letzteren, filtrirt, wäscht aus (sammelt Filtrat und Waschwasser), trocknet, glüht und wägt; der Niederschlag ist Chromoxyd;

276. b) Bestimmung des Kaliums. Das Filtrat und Waschwasser von 275 wird in einer gewogenen Platinschale zur Trockne

verdampft, der Abdampfungsrückstand, der neben schwefelsaurem Kali noch schwefelsaures Ammoniak enthält, zur Verjagung des letzteren geglüht und nach dem Erkalten gewogen; der Rückstand in der Schale ist schwefelsaures Kali.

277. c) Die Schwefelsäure- und Wasserbestimmungen werden nach 232 und 269 ausgeführt.

5. Analyse des basisch phosphorsauren Kalks.

$3CaOPO_5$.

278. a) Bestimmung des Kalks. Man löst etwa 1 Gr. der Substanz in verdünnter Salzsäure auf, versetzt die Lösung mit verdünnter Schwefelsäure und verfährt nach 235;

279. b) Bestimmung der Phosphorsäure. Das Filtrat von 278 erhitzt man einige Zeit zum Sieden, um den Alkohol zu verjagen, setzt hierauf Salmiak, Ammoniak und schwefelsaure Magnesia zu und verfährt nach 236.

6. Analyse des Messings.

Enthält: Cu und Zn.

280. Man reinigt zunächst das zur Analyse bestimmte Stückchen Messing äusserlich, wägt alsdann etwa 1 Gr. davon ab, löst in einem lose bedeckten Becherglase in mässig concentrirter Salpetersäure, verdampft zur Trockne und nimmt den trocknen Rückstand mit Wasser auf. Bleibt hierbei etwas ungelöst, so filtrirt man davon ab, wäscht es aus, trocknet, glüht und wägt; der Rückstand ist Zinnoxyd, SnO_2.
Das Filtrat sammt Waschwasser dampft man etwas im Wasserbade ein, setzt ein wenig Schwefelsäure zu, filtrirt, im Falle ein Niederschlag entsteht, von diesem ab, wäscht denselben aus, trocknet, glüht und wägt ihn. Der Niederschlag ist schwefelsaures Bleioxyd, $PbOSO_3$.
In das Filtrat sammt Waschwasser von diesem Niederschlag leitet man hierauf so lange Schwefelwasserstoff, als noch ein Niederschlag entsteht; es wird Schwefelkupfer gefällt, welches nach 249 weiter behandelt wird.
In dem letzten Filtrat ist das Zink enthalten; man erhitzt es zum Sieden, um allen Schwefelwasserstoff zu verjagen, wenn nöthig, mit Salpetersäure, dampft im Wasserbad so weit ein, dass von dem etwa ausgeschiedenen Schwefel abfiltrirt werden kann, versetzt das klare Filtrat mit kohlensaurem Natron und verfährt weiter nach 247.

7. Analyse des Spatheisensteins.

FeOCO (fast immer manganhaltig).

281. a) Kohlensäurebestimmung, nach 257;
b) Eisen- und Manganbestimmung. Man löst etwa 1—1½ Gr. des Minerals in verdünnter Salzsäure auf; bleibt dabei ein Rückstand, so wird die Flüssigkeit eingedampft, der trockne Rückstand mit Salzsäure und Wasser aufgenommen, von dem ungelöst bleibenden abfiltrirt, dieses ausgewaschen, getrocknet, geglüht und gewogen. Der Rückstand ist Kieselsäure oder ein durch Salzsäure unzersetzbares Silicat, welches als Verunreinigung in dem Spatheisenstein enthalten war.
Das Filtrat von diesem Rückstand sammt Waschwasser wird hierauf zur Oxydation sämmtlichen Eisens in einem lose bedeckten Gefäss mit Salpetersäure gekocht; ist die Flüssigkeit rothbraun geworden, so neutralisirt man sie nahezu mit kohlensaurem Natron, setzt hierauf essigsaures Natron zu, und kocht bis die Lösung farblos geworden ist, filtrirt noch heiss von dem entstandenen rothbraunen Niederschlag ab und wäscht mit heissem Wasser aus; das Filtrat wird aufbewahrt. Den Niederschlag löst man wieder in Salzsäure und wiederholt die Fällung mit essigsaurem Natron; das Filtrat von diesem zweiten, nun völlig manganfreien Niederschlag wird mit dem ersteren vereinigt, behufs Ausfällung des Mangans mit kohlensaurem Natron übersättigt und nach 239 und 241 weiter behandelt.
Der zweite Niederschlag durch essigsaures Natron wird in Salzsäure gelöst und behufs der Eisenbestimmung nach 238 behandelt. (Meistens bestimmt man das Eisen jedoch maassanalytisch und bedarf es dazu keiner Trennung vom Mangan.) Ist neben den genannten Bestandtheilen noch Magnesia oder Kalk im Spatheisenstein, was durch eine qualitative Analyse festzustellen ist, so finden sich diese beim Mangan, und es muss daher die Abscheidung dieses Körpers nach einem andern Verfahren geschehen.

8. Analyse des Stilbits.

Enthält: SiO_2, Al_2O_3, CaO, HO.

282. a) Die Wasserbestimmung wird nach 269 ausgeführt.
b) Bestimmung der übrigen Bestandtheile. Man wägt etwa 1 Gr. des fein gepulverten Minerals ab, übergiesst in einer Porzellanschale mit verdünnter Salzsäure und

erwärmt; alsbald gelatinirt die Masse und es ist nöthig, mit einem Glasstabe umzurühren; man dampft bei fortwährendem Ueberschuss von Salzsäure bis nahe zur Trockne und nun unter fortwährendem Umrühren bis zur Staubtrockne ein, was zuletzt auf freiem Feuer geschehen muss, erwärmt alsdann noch eine kurze Zeit auf freiem Feuer, lässt erkalten und befeuchtet mit conc. Salzsäure; nach einigen Stunden übergiesst man mit heissem Wasser und etwas Salzsäure, und filtrirt von der nun vollständig zurückbleibenden Kieselsäure ab. Das beschriebene Verfahren muss mit allen Details so ausgeführt werden, weil nur dadurch eine vollständige Abscheidung der Kieselsäure bewirkt werden kann. Die von der Kieselsäure abfiltrirte Lösung wird behufs Ausfällung der Thonerde mit Ammoniak übersättigt und nach 237 behandelt; das Filtrat des Thonerdehydrats enthält den Kalk, der nach 234 mit oxalsaurem Ammoniak ausgefällt und als kohlensaurer oder Aetzkalk gewogen wird.

9. Analyse des Schnellloths.

Enthält: Sn und Pb.

283. Ein gereinigtes Stückchen von etwa 1 Gr. Gewicht wird in einer bedeckten Porzellanschale mit conc. Salpetersäure behandelt, und zwar so lange, bis alles Metall verschwunden ist und die ganze Masse ein weisses Pulver darstellt. Durch Abdampfen entfernt man hierauf die überschüssige Salpetersäure, behandelt den Rückstand sodann mit Wasser und filtrirt von dem ungelöst bleibenden Zinnoxyd ab. Dieses wäscht man aus, trocknet und glüht; im Filtrat fällt man durch verdünnte Schwefelsäure das Blei und verfährt damit nach 248.

10. Analyse einer Kobaltspeise.

Enthält: Ni, Co, As und S (siehe pag. 159).

284. Etwa 1,5—2 Gr. des sehr fein pulverisirten Materials werden in einem Becherglase mit conc. Salzsäure übergossen und auf dem Wasserbade sehr gelinde erwärmt, während man kleine Körnchen von chlorsaurem Kali langsam einträgt; ist nach einiger Zeit der grösste Theil der Substanz gelöst, so erwärmt man stärker, bis alles vollständig gelöst ist, oder bis der etwa ausgeschiedene Schwefel rein gelb geworden ist; man erhitzt darauf so stark, dass der ausgeschiedene Schwefel entweder schmilzt oder vollständig gelöst und alles

chlorsaure Kali zersetzt wird; im ersteren Fall giesst man die Lösung, nachdem sie erkaltet, von dem Schwefel ab; im letzteren Fall verwendet man die Lösung geradezu auf folgende Weise:

Man giesst die Lösung in einen graduirten Cylinder und verdünnt sie auf das Volumen von 400 CC.; hiervon nimmt man mit einer sogen. Pipette, siehe Fig. 20, 200 CC. heraus und giesst sie in ein Becherglas, weitere 100 CC. bringt man in ein anderes Glas.

Diese 100 CC. benutzt man zur Bestimmung der Schwefelsäure nach 258.

Die 200 CC. erwärmt man mit wässeriger schwefliger Säure, um die darin enthaltene Arsensäure zu arseniger Säure zu reduciren, verjagt den Ueberschuss der schwefligen Säure durch Kochen, wobei übrigens die Lösung verdünnt zu halten ist, damit sich kein Arsen als Chlorarsen verflüchtigt und leitet Schwefelwasserstoffgas ein, so lange noch eine Fällung entsteht. Der Niederschlag enthält AsS_3 und CuS; man filtrirt, wäscht mit schwefelwasserstoffhaltigem Wasser aus und sammelt Filtrat und Waschwasser;

AsS_3 und CuS werden hierauf mit frisch bereitetem einfach Schwefelnatrium behandelt, AsS_3 löst sich auf und CuS bleibt zurück; das letztere wird ausgewaschen und nach 249 gewogen; die Lösung von AsS_3 in Schwefelnatrium wird mit Salzsäure versetzt, der Niederschlag in Salzsäure und chlorsaurem Kali gelöst und die so gebildete Arsensäure aus dieser Lösung nach 255 gefällt und hierauf gewogen.

Das kobalt- und nickelhaltige Filtrat vom Schwefelwasserstoffniederschlage wird zur Verjagung des Schwefelwasserstoffs, wenn nöthig mit Salpetersäure, gekocht, alsdann mit kohlensaurem Natron neutralisirt, mit Essigsäure angesäuert und mit salpetrigsaurem Kali versetzt; nach 24 stündigem Stehen hat sich alles Kobalt als salpetrigsaures Kobaltoxydkali niedergeschlagen und wird nach 245 bestimmt. Das Nickel befindet sich im Filtrat; man fällt es daraus durch Kali- oder Natronlauge als Nickeloxydulhydrat, welches gewaschen, getrocknet, geglüht und gewogen wird.

Bei der Berechnung der Resultate hat man zu berücksichtigen, dass man nicht die ganze ursprünglich verwendete Menge verarbeitet hat, sondern nur aliquote Theile.

11. Analyse des schwefelsauren Baryts.
$BaOSO_3$.

285. Etwa 1 Gr. des sehr fein pulverisirten schwefelsauren Ba-

ryis wird mit circa 5 Gr. kohlensauren Natronkalis vermischt und damit in einem Platintiegel geschmolzen; ist die ganze Masse gleichmässig flüssig, so lässt man erkalten und legt den Tiegel mit Inhalt in einem Becherglas in warmes Wasser; nach einiger Zeit hat sich die Schmelze vom Tiegel losgelöst, man nimmt denselben alsdann heraus, kocht die Masse mit Wasser auf, filtrirt ab, wäscht so lange aus, als sich noch etwas löst, und bestimmt im Filtrat nach dem Ansäuern mit Salzsäure, was mit Vorsicht und in einem lose bedeckten Gefässe zu geschehen hat, die Schwefelsäure nach 258. Den Rückstand löst man in Salzsäure und bestimmt in dieser Lösung den Baryt nach 232.

12. Analyse des Feldspaths.

Enthält: SiO_2, Al_2O_3, KO, NaO.

286. Der Feldspath ist durch Salzsäure nicht zersetzbar und muss behufs der Analyse aufgeschlossen werden. Man theilt die Analyse in zwei Operationen, deren eine den Zweck hat, die Kieselsäure zu bestimmen, während die andere zur Bestimmung der anderen Bestandtheile, namentlich der Alkalien, dient.

a) Bestimmung der Kieselsäure (und der Thonerde). Man mischt etwa 1 Gr. des sehr fein pulverisirten Feldspaths mit 4—5 Gr. kohlensauren Natronkalis und erhitzt das Gemenge in einem Platintiegel, zuerst vorsichtig, zuletzt in der Gebläselampe, bis die ganze Masse gleichmässig in Fluss gerathen ist und keine Körnchen mehr in der flüssigen Masse herumschwimmen; hierauf lässt man erkalten und legt den Tiegel sammt Inhalt in einem Becherglas in heisses Wasser; nach 2—3 Stunden ist die Masse so weit aufgeweicht, dass man sie mit Salzsäure übergiessen kann. Dies muss nun mit der Vorsicht geschehen, dass durch die sich entwickelnde Kohlensäure keine Flüssigkeit aus dem Gefässe gespritzt wird, was man dadurch erreicht, dass man das Becherglas sogleich, nachdem man etwas Salzsäure eingegossen hat, mit einem Uhrglas bedeckt; hat die Kohlensäureentwicklung aufgehört, so erwärmt man die Masse im Wasserbad, wobei der letzte Rest der suspendirten Kohlensäure ausgetrieben wird, hierauf nimmt man den Tiegel aus der Flüssigkeit, giesst diese sammt der abgeschiedenen Kieselsäure in eine Porzellanschale und verfährt wie bei 282. Das Filtrat von der Kieselsäure kann noch zur Bestimmung der Thonerde verwendet werden, welche mit Ammoniak als Thonerdehydrat auszufällen ist.

287. b) Bestimmung der Thonerde und der Alkalien. Die Alkalien können selbstverständlich nicht in derselben Portion bestimmt werden, in welcher man die Kieselsäure bestimmt hat. Man löst den Feldspath zum Zweck der Alkalienbestimmung in Fluorwasserstoffsäure und Schwefelsäure auf und verfährt dabei folgendermassen:

Etwa 1 Gr. des fein pulverisirten Feldspaths wird in einer Platinschale mit verdünnter Schwefelsäure und rauchender Fluorwasserstoffsäure*) übergossen und im Wasserbade schwach erwärmt; der verdunstende Fluorwasserstoff wird so lange ersetzt, bis sich die ganze Masse zu einer klaren Flüssigkeit gelöst hat; hierauf wird, zuerst auf dem Wasserbad, dann über freiem Feuer zur Trockne verdampft, wobei überschüssige Schwefelsäure entweichen soll. Die trockne Masse nimmt man mit Wasser und etwas Salzsäure auf, fällt aus der Lösung die Thonerde durch Ammoniak, filtrirt ab, wäscht aus, trocknet, glüht und wägt. Das Filtrat von der Thonerde sammt Waschwasser wird alsdann erwärmt, mit Chlorbaryum die Schwefelsäure und ohne vorher zu filtriren, durch Ammoniak und kohlensaures Ammoniak der überschüssige Baryt ausgefällt; alsdann wird filtrirt, der Niederschlag gut ausgewaschen und das Filtrat, welches die Alkalien als Chlormetalle enthält, zuerst in einer Platinschale eingeengt und zuletzt in einem gewogenen Platintiegel zur Trockne gebracht; der trockne Rückstand wird zur Verjagung der Ammoniaksalze schwach geglüht; es bleiben die reinen Chlorkalimetalle zurück, deren Gesammtgewicht man bestimmt. Zur Trennung der Alkalien und Bestimmung ihrer Einzelgewichte löst man dieselben in Wasser auf, versetzt die Lösung mit Platinchlorid und verfährt nach 228, wodurch die Menge von Chlorkalium bestimmt wird; das Chlornatrium ergiebt sich aus der Differenz.

288. Es mag hier eine nicht uninteressante Bestimmungsmethode von Kalium und Natrium ohne vorhergegangene Trennung Erwähnung finden. Nachdem man das Gesammtgewicht der Chlormetalle bestimmt hat, verwandelt man sie durch Eindampfen mit Schwefelsäure in die schwefelsauren Salze, deren Gesammtgewicht man gleichfalls bestimmt. Aus diesen beiden Daten lässt sich die Menge von Kalium und Natrium nach folgenden Formeln berechnen:

---

*) Eine rauchende Fluorwasserstoffsäure bereitet man, indem man eine mit Wasser gefüllte Platinschale in einen Bleikasten setzt, in welchem sich Flussspath mit conc. Schwefelsäure zu einem Brei angerührt befindet; diesen Kasten lässt man in gelinder Wärme einige Stunden stehen, worauf das Wasser in der Schale mit Fluorwasserstoff gesättigt ist.

$$a = \frac{74,6}{201,25} [71\,A - 58,5\,B]; \quad b = A - a$$

wo a das Gewicht des Chlorkaliums, b das Gewicht des Chlornatriums, A das Gesammtgewicht der Chlormetalle, B das Gesammtgewicht der schwefelsauren Salze, 71 das Aequivalentgewicht des schwefelsauren Natrons, 58,5 das Aequivalentgewicht des Chlornatriums, 74,6 das Aequivalentgewicht des Chlorkaliums und 201,25 das Product von 16,1 (Differenz der Aequivalentgewichte von Kalium und Natrium sowie ihrer entsprechenden Salze) mal 12,5 (der Differenz des Aequivalentgewichte eines schwefelsauren Salzes und eines Chlormetalls) ist. Die Entwicklung dieser Gleichung überlassen wir dem Leser.

13. Bestimmung des Silbers in silberhaltigem Bleiglanz durch Cupellation.

289. Diese für die Technik ungemein wichtige analytische Methode gründet sich auf die Eigenschaft des Bleis, metallisches Silber leicht aufzulösen und damit einen Regulus zu bilden, der beim Rösten ein schmelzbares Bleioxyd liefert, während das Silber als Metall ausgeschieden wird. Durch Erhitzen von Bleiglanz mit Blei in offnen Gefässen ist ein solcher Regulus leicht darzustellen; man nimmt die Röstung in sog. Kapellen vor, kleinen, aus Knochenasche gefertigten Gefässen, welche das Bleioxyd, nachdem es geschmolzen ist, vollständig aufsaugen (Fig. 16). Dieselben werden in eine sog. Muffel (Fig. 17) gestellt und diese letztere in dem Muffelofen erhitzt. Fig. 18 stellt einen solchen Muffelofen in der Totalansicht und

Fig. 16.

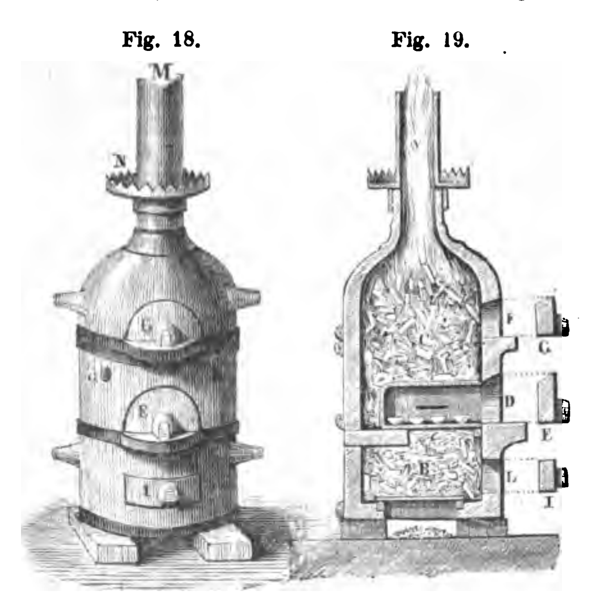
Fig. 17.



Fig. 19 im Durchschnitt vor. Die Muffeln haben an der Seite längliche Oeffnungen, um den Luftzug über die Kapellen zu ermöglichen. Bei der Ausführung des Versuches wiegt man eine von dem Silbergehalt des Bleiglanzes abhängige Menge von Bleiglanz, bei silberreichem circa 4 Gr., ab, mengt sie mit der etwa achtfachen Menge silberfreien Bleis und erhitzt dieses Gemenge bei Luftzutritt so lange, bis die Masse geschmolzen und der Schwefel des Bleiglanzes vollstän-

dig verbrannt ist; um alle begleitenden Metalle vollständig in die Schlacke zu bringen, setzt man meist etwas Borax oder Quarz hinzu. Nachdem der Bleiregulus sich gebildet hat, giesst man das flüssige Metall in ein eisernes Gefäss mit Wasser, der Bleiregulus erstarrt, er wird herausgenommen und durch Drücken in eine solche Form gebracht, dass

Fig. 18. Fig. 19.



er bequem in die Kapelle passt. Hierauf beginnt das Abtreiben des Regulus. Zuerst heizt man den Muffelofen stark an und umgiebt die Muffel vollständig mit glühenden Kohlen; sobald der Boden der Muffel nahezu weissglühend ist, schiebt man die Kapelle mit dem Regulus durch die Oeffnung D (Fig. 19) hinein und langsam nach hinten; der Regulus schmilzt nun sehr rasch und bald beginnt eine lebhafte Bewegung der ganzen Masse, es steigt ein weisser Rauch auf, der sich bis gegen die Mitte der Muffelhöhle erhebt. Man hat nun dafür Sorge zu tragen, dass die Temperatur nicht zu hoch wird, weil sonst auch Silber von der Kapelle aufgenommen wird; dass sie aber auch nicht zu niedrig werde, was daran erkennbar ist, dass der Rand der Kapelle dunkelbraun wird. Nach einiger Zeit verschwindet das geschmolzene Bleioxyd, es zeigt sich das charakteristische Regenbogenfarbenspiel, der Silberblick, und die Probe ist

zu Ende. Man lässt nun langsam erkalten, indem man die Kapelle zuerst nach vorn zieht, um das Spratzen*) des Silbers zu vermeiden; nach dem völligen Erkalten wird das Silberkorn aus der Kapelle genommen und gewogen.

Diese Methode giebt keine sehr genauen Resultate, ist aber wegen der Einfachheit in der Ausführung, namentlich bei grösserer Uebung, besonders dann sehr am Platze, wenn eine grössere Reihe von Silberbestimmungen vorzunehmen ist, wie dies bei der hüttenmännischen Gewinnung von Silber aus silberhaltigem Bleiglanz der Fall ist.

Die oben angeführten Beispiele enthalten die Beschreibung einer Reihe von Operationen, die bei quantitativen Analysen auszuführen sind, sowie einige besonders wichtige Trennungsmethoden; es lassen sich nun unter Berücksichtigung dieser detaillirten Beschreibung noch viele quantitative Analysen und Trennungen, behufs quantitativer Bestimmungen ausführen und zwar auf Grund der bei der qualitativen Analysen beschriebenen chemischen Reactionen, ohne dass dieselben speciell beschrieben werden müssten.

B. Maassanalyse.

I. Apparate und Operationen.

Die Maassanalyse verlangt Apparate, in denen man Flüssigkeiten genau abmessen kann; man bedient sich zu diesem Zweck calibrirter Röhren oder Cylinder von Glas, welche derart eingerichtet sind, dass man jeden beliebigen Theil der darin enthaltenen Flüssigkeit ausgiessen kann.

Fig. 20 und 21 stellen sogen. Pipetten dar, welche dazu bestimmt sind, bestimmte Flüssigkeitsmengen aufzunehmen, um dieselben von einem Gefäss in ein anderes zu bringen; man füllt sie, indem man die untere, spitze Oeffnung in diejenige Flüssigkeit eintaucht, von welcher man einen bestimmten Theil aufsaugen will, und durch die obere Oeffnung aufsaugt, bis die Flüssigkeit über der Marke steht; alsdann setzt man den Finger oben auf und lässt nun bis zur Marke ablaufen, indem man den abschliessenden Finger ein wenig lüpft. Die Pipette enthält alsdann die darauf bezeichnete Flüssigkeitsmenge; man bedient sich verschie-

*) Das Spratzen wird veranlasst durch den aus dem geschmolzenen Silber beim raschen Erkalten stürmisch entweichenden, absorbirt gewesenen Sauerstoff.

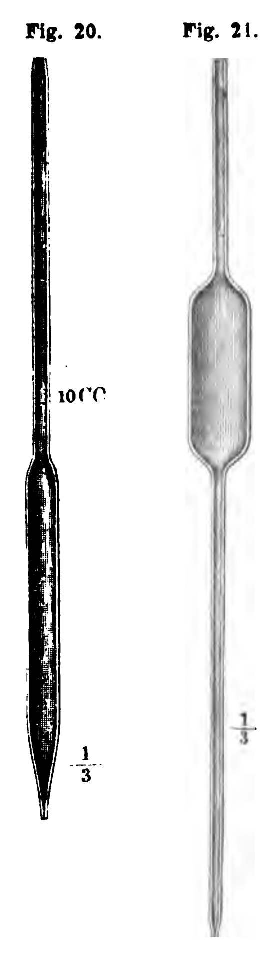


Fig. 20. Fig. 21.

den grosser Pipetten und hat deren von 1 CC.*), 5 CC., 10 CC., 20 CC., 25 CC., 50 CC. und 100 CC. Will man z. B. 37 CC. abmessen, so saugt man zunächst die Pipette mit 25 CC., alsdann diejenige mit 10 CC. und hierauf zweimal diejenige mit 1 CC. voll und entleert sie in das gleiche Gefäss. Da beim Auslaufen der Flüssigkeit aus der Pipette stets ein wenig am Glase hängen bleibt, so muss die Marke so angebracht sein, dass bei der Füllung bis zu derselben etwas mehr Flüssigkeit in der Pipette enthalten ist, als man abzumessen wünscht. Bei der Calibrirung muss darauf Rücksicht genommen werden.

Die Büretten sind Gefässe, in welchen beliebige Flüssigkeitsmengen abgemessen werden können; man giebt ihnen entweder die Form Fig. 22 oder Fig. 23.

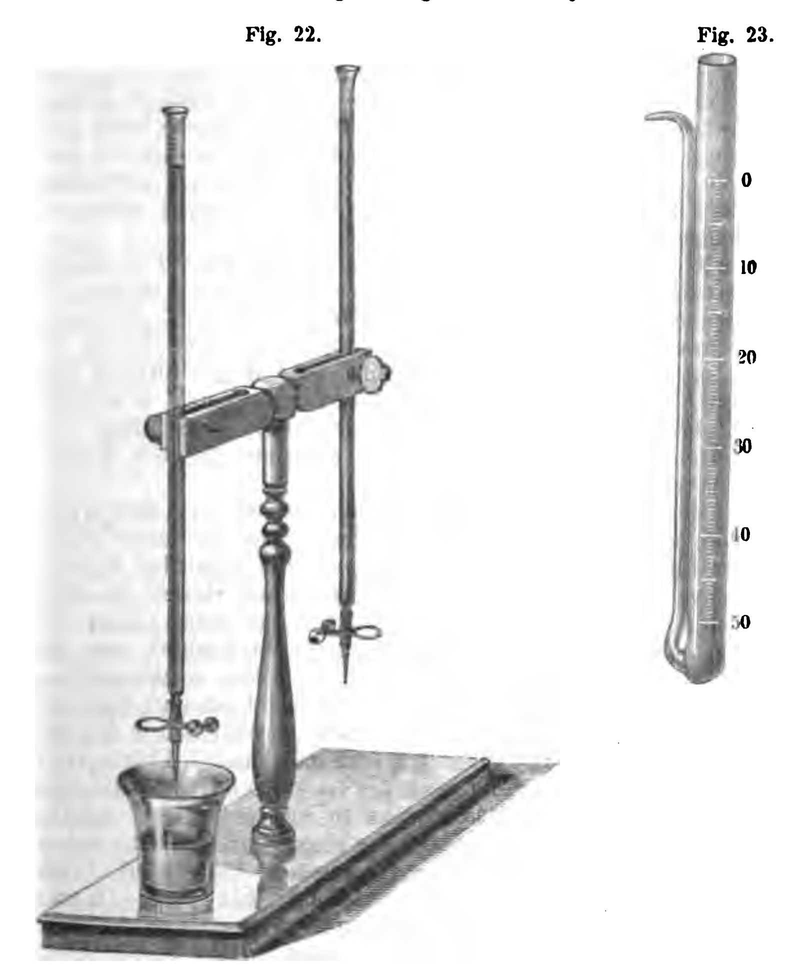
Fig. 22 stellt die sog. Mohr'sche Bürette dar, auch Quetschhahnbürette genannt, welche aus einer graduirten, an einem Ende etwas verjüngten Glasröhre besteht; an den unteren, engen Theil der Röhre befestigt man mit Hülfe eines Kautschoukschlauches ein kleines, zu einer feinen Spitze ausgezogenes, dickwändiges Glasröhrchen, so dass zwischen letzterem und dem Ende der Hauptröhre ein Stückchen losen Kautschoukschlauches von 15—20 Millimeter Länge bleibt; an diese Stelle wird ein Quetschhahn angebracht, der das Ausfliessen der Flüssigkeit aus der Bürette verhindern soll. Der Quetschhahn muss sich durch einen leichten Druck so weit öffnen lassen, dass die Flüssigkeit beliebig rasch ausfliessen kann. Die Dimensionen der Bürette sind verschieden. Die gebräuchlichsten sind etwa 50 Centimeter lang und 10 Millimeter weit im Lichten, der eingetheilte Theil nimmt nicht die ganze Länge der Röhre ein, sondern oben ist stets ein Stück der Röhre nicht

*) Das Zeichen CC. bedeutet Cubikcentimeter. Ueber die Eintheilung der Maasse im Zusammenhang mit der der Gewichte s. physik. Theil; 1000 CC. = 1 Liter.

graduirt. Der Inhalt der Büretten dieser Grösse beträgt 30 CC. und ist in $^1/_{10}$ CC. eingetheilt. Die Theilung geht von oben nach unten.

Um eine solche Bürette zu füllen, saugt man zunächst durch die feine untere Oeffnung bei geöffnetem Quetschhahn so viel

Fig. 22. Fig. 23.



Flüssigkeit ein, dass dieselbe etwa bis zum untersten Theilstrich steht und füllt alsdann durch Eingiessen von oben bis zum obersten Theilstriche an. Will man nun eine gewisse Menge Flüssigkeit ausfliessen lassen, so öffnet man den Quetschhahn und lässt

so weit ablaufen, bis die Flüssigkeit in der Röhre an dem betreffenden Theilstriche steht. Die Fig. 22 stellt die Bürette dar, wie sie zum Gebrauch befestigt wird; sie wird von einer hölzernen, mit Korkplatten ausgefütterten Klammer gehalten; gewöhnlich ist der Klammerträger für zwei Büretten eingerichtet. Die Fussplatte des Trägers ist am besten mit einer Glas- oder Porzellanplatte versehen.

Die meisten Flüssigkeiten werden in diesen Büretten abgemessen und muss man deren Anwendung nur bei solchen Flüssigkeiten ausschliessen, welche die Berührung mit Kautschouk nicht vertragen, wie dies bei der Lösung von übermangansaurem Kali, welche in der Maassanalyse sehr häufige und wichtige Anwendung findet, der Fall ist. Für solche Flüssigkeiten bedient man sich einer anderen Art von Bürette.

Die Gay-Lussac'sche Bürette, welche durch Fig. 23 dargestellt wird, ist ganz von Glas und besteht aus zwei, unten communicirenden Röhren, deren eine, die weitere, graduirt ist. Die Länge der letzteren beträgt etwa 35 Centimeter bei einem Inhalt von 30 CC.; sie ist in $^{1}/_{10}$ CC. eingetheilt. Aus dieser Bürette lässt man durch die feine Spitze der engeren und immer etwas kürzeren Röhre ausfliessen, indem man die Bürette schief hält. Bei einiger Uebung gelingt es leicht einen einzelnen Tropfen ausfliessen zu lassen.

Bei der Anwendung dieser Büretten ist die Art des Ablesens von grosser Wichtigkeit; es ist bei klaren und leicht durchsichtigen Flüssigkeiten am besten, den unteren Rand des Meniscus (siehe physikal. Theil) ins Auge zu fassen und dessen Stand zu beobachten, weil sich dieser am schärfsten erkennen lässt; bei dunklen und undurchsichtigen Flüssigkeiten beobachtet man den obersten Rand der Flüssigkeitssäulen. Vor allem unerlässlich ist dabei, dass die Bürette genau vertical gerichtet ist und dass sich das Auge in dergleichen Höhe wie der zu beobachtende Flüssigkeitsrand befindet. Hat man nun ein bestimmtes Flüssigkeitsquantum abzumessen, so füllt man die Bürette und bemerkt genau den Stand der Flüssigkeit, lässt dann so weit abfliessen, dass die Flüssigkeit an der betreffenden Marke steht, wartet einige Sekunden, bis die an der Röhrenwand hängende Flüssigkeit herabgeflossen ist und stellt alsdann genau ein. Ein kurzes Warten mit dem Ablesen ist unbedingt nothwendig, wenn man die wirklich ausgeflossene Flüssigkeitsmenge kennen will.

Ausser den genannten Maassgefässen sind noch eine Reihe von anderen calibrirten Gefässen im Gebrauch, deren man sich namentlich bedient, wenn man es mit grösseren Flüssigkeitsmengen zu thun hat; es sind dies graduirte Glascylinder von 200, 500 und 1000 CC. Inhalt, welche am besten in ganze CC. eingetheilt sind,

oder Kolben von bekanntem Inhalt, deren Marke im Halse angebracht sein soll.

Das von dem Princip der Gewichtsanalyse wesentlich abweichende Princip der Maassanalyse liegt darin, dass man die zu untersuchenden Substanzen mit Flüssigkeiten von genau bekanntem Wirkungswerthe prüft, indem man durch letztere gewisse Reactionen hervorzubringen sucht, durch deren Eintreten sich die Zusammensetzung der betreffenden Substanz zu erkennen giebt, da man weiss, ein wie grosses Flüssigkeitsquantum nothwendig wäre, um bei einer reinen Substanz den gleichen Effect hervorzubringen. Solche Flüssigkeiten von bekanntem Wirkungswerth nennt man Normallösungen, wenn in je 1000 CC. derselben 1 Aequivalent der Substanz in Grammen aufgelöst ist. Aus nachstehender Tabelle ist der Gehalt einiger der wichtigsten Normallösungen ersichtlich:

Schwefelsäure,	1000 CC. enthalten	40 Gr.	SO_3 oder 49 Gr. SO_3HO;
Natronlauge,	„ „ „	31 Gr.	NaO „ 40 Gr. $NaOHO$;
Essigsäure,	„ „ „	60 Gr.	$\bar{A}.HO$*);
Oxalsäure,	„ „ „	63 Gr.	$\bar{O}HO + 2HO$**);
Jodlösung,	„ „ „	127 Gr.	J (in KJ gelöst);
Arsenige Säure,	„ „ „	99 Gr.	AsO_3 (in doppelt kohlens. Natron aufgelöst);
Salpetersaures Silberoxyd,	„ „ „	170 Gr.	$AgO\,NO_5$;
Kochsalz,	„ „ „	58,5 Gr.	NaCl.

Häufig werden diese Lösungen jedoch auch verdünnter angewandt und hat man deshalb Zehntelnormallösungen oder Halb- oder Zwanzigstelnormallösungen, deren Gehalt nach der obigen Zusammenstellung leicht zu berechnen ist.

Ausserdem werden noch eine ganze Anzahl von Flüssigkeiten mit bekanntem Wirkungswerth angewendet, deren Concentration übrigens nicht die der Normallösung ist, auch damit in keinem Zusammenhang steht, sondern deren Gehalt wechselt und daher vor jedem Gebrauch durch einen besondern Versuch festgestellt werden muss.

Zur Darstellung der Normallösungen wägt man entweder die reine Substanz ab, löst sie auf und verdünnt auf das berechnete Volumen, oder man bereitet sich eine beliebig concentrirte Lösung, bestimmt durch einen gewichtsanalytischen oder maassanalytischen

*) Das Aequivalent der Essigsäure ist 60; sie besteht aus 4 Aeq. C. 4 Aeq. H und 4 Aeq. O; $\bar{A}$ = Essigsäure minus HO; 1 Aeq. Essigsäure neutralisirt gerade 1 Aeq. Natronhydrat.

**) Das Aequivalent der krystallisirten Oxalsäure ist 63; sie besteht aus 2 Aeq. C, 1 Aeq. H, 4 Aeq. O und 2 Aeq. Krystallwasser; 1 Aeq. Oxalsäure neutralisirt gerade 1 Aeq. Natronhydrat.

Versuch deren Gehalt, und verdünnt sie danach mit der berechneten Menge von Wasser.

Der Werth der Normallösungen liegt einerseits darin, dass dieselben meist eine für das Eintreten der gewünschten Reaction sehr passende Concentration besitzen, andererseits ist die nachherige Ausrechnung der Resultate eine viel einfachere, was namentlich bei technischen Analysen von grossem Werthe ist.

Maassanalytische Methoden können nur dann angewendet werden, wenn der verlaufende chemische Prozess ganz sicher ist und namentlich unter den nöthigen Versuchsbedingungen immer in derselben Weise verläuft.

II. Specielle Beschreibung maassanalytischer Methoden.

1. Alkalimetrie und Acidimetrie.

Die Alkalimetrie ermöglicht durch einen einfachen Versuch, den Gehalt einer Substanz an freier Base oder an kohlensaurem Salze kennen zu lernen, während die Acidimetrie das Gleiche für Säuren bezweckt. Man bedarf für diese Versuche hauptsächlich zweier Normallösungen, nämlich einer Normal-(Natron)-lauge und einer Normal-(Schwefel)-säure.

a) Herstellung der Normalsäure. In den meisten Fällen bedient man sich der Schwefelsäure; aber auch Salpetersäure und, seltener, auch Salzsäure finden Verwendung. Man verfährt zur Herstellung der Normalschwefelsäure folgendermaassen: Ein Platintiegel wird leer gewogen, hierauf mit reinem doppeltkohlensauren Natron gefüllt und erhitzt; das doppeltkohlensaure Natron verwandelt sich dabei in einfach kohlensaures Natron; nach einiger Zeit lässt man erkalten und wägt, erhitzt hierauf nochmals, lässt wieder erkalten und wägt zum zweiten Male; ist das Gewicht constant geblieben, so ist man sicher, dass nur noch einfach kohlensaures Natron vorhanden ist; man löst dieses in Wasser auf und verdünnt die Lösung mit so viel Wasser, dass je 50 CC. der Lösung 1 Gr. kohlensaures Natron enthalten; hat man z. B. 9,723 Gr. kohlensaures Natron abgewogen, so soll das Volumen der Lösung $9{,}723 \times 50 = 486{,}15$ CC. betragen; man giesst die Lösung in einen 500 CC. fassenden, graduirten Cylinder, welcher in Theile von 5 CC. getheilt ist und füllt bis zu 480 CC. auf, alsdann giesst man mit der Pipette noch 5 CC. und 1,1 CC. nach; während die $^1/_{10}$ CC. bei so grossen Flüssigkeitsmengen nach dem

Augenmaass genommen werden können, vernachlässigt man die $^1/_{100}$ CC. völlig; in der so bereiteten Lösung enthalten je 50 CC. 1 Gr. kohlensaures Natron.

Daneben verdünnt man eine annähernd gewogene Menge, etwa 30 Gr., concentrirter Schwefelsäure approximativ mit der 15fachen Menge Wasser und bestimmt nun, wieviel CC. dieser verdünnten Schwefelsäure nothwendig sind, um 50 CC. der Lösung des kohlensauren Natrons oder 1 Gr. zu neutralisiren; man misst mit einer Pipette 50 CC. der Lösung des kohlensauren Natrons in ein kleines, etwa 150 CC. fassendes Kölbchen ab, giesst ein wenig Lackmustinctur*) bis zur deutlich blauen Färbung hinzu und erwärmt; alsdann lässt man aus einer Mohr'schen Bürette so lange Schwefelsäure zufliessen, bis die Flüssigkeit weinroth geworden ist, kocht dann auf, wobei sich die Flüssigkeit wieder bläut, setzt dann tropfenweise so viel Schwefelsäure zu, dass die Flüssigkeit auch nach dem Kochen zwiebelroth bleibt, liest hierauf die verbrauchte Schwefelsäure ab und berechnet; hätte man z. B. 12,25 CC.**) Schwefelsäure gebraucht, so müssten, um aus dieser Schwefelsäure Normalsäure zu machen, je 12,25 CC. auf 18,86 CC. mit Wasser verdünnt werden, da, um 1 Gr. kohlensaures Natron durch Normalschwefelsäure zu neutralisiren, 18,86 CC. nöthig sind, denn in 1000 CC. sind 49 Gr. SO_3HO, welche 53 Gr. $NaOCO_2$ sättigen, folglich bedarf 1 Gr. $NaOCO_2$ $\frac{1000}{53} = 18,86$ CC. Normalschwefelsäure; die oben angewandte Säure ist aber zu concentrirt, denn 12,25 CC. von dieser Säure bringen denselben Effect hervor, wie 18,86 CC. Normalsäure, weshalb man je 12,25 CC. auf 18,86 zu verdünnen hat.

Zur Controle wird man natürlich den Versuch der Titerstellung der Schwefelsäure mehrmals anstellen und erst zufrieden sein, wenn mindestens zwei Resultate bis in die zweite Decimale mit einander übereinstimmen; auch wird man nach dem Verdünnen noch einmal prüfen, ob die richtige Concentration wirklich erreicht ist, d. h. ob 50 CC. Lösung des kohlensauren Natrons 18,86 CC. Schwefelsäure zur Neutralisation gebrauchen; ist die Schwefelsäure alsdann etwa noch zu concentrirt, so kann ein geringes weiteres Verdünnen aushelfen, ist sie jedoch zu verdünnt, so muss man wieder von vorne anfangen, weshalb man besonders

---

*) Die Lackmustinctur dient hier als Indicator und kann durch mehrere andere Stoffe ersetzt werden; es lassen sich für diese Zwecke alle auf pag. 27 angeführten Stoffe mit mehr oder minderen Erfolg verwenden.

**) Bei so kleinen Flüssigkeitsmengen müssen nicht allein die $^1/_{10}$ CC. genau gemessen werden, sondern auch die $^1/_{100}$ CC. wenigstens annähernd berücksichtigt werden.

darauf Rücksicht zu nehmen hat, dass die Säure nicht zu verdünnt werde; man vermeidet dies am besten dadurch, dass man die berechnete Verdünnung nicht völlig eintreten lässt, sondern erst nach einem Versuch mit dieser erstmal verdünnten Säure bis zur Normalverdünnung schreitet.

Die Bestimmung des Gehaltes einer verdünnten Schwefelsäure an SO_3HO lässt sich auch durch Fällung der Schwefelsäure als schwefelsaurer Baryt ausführen. Man misst circa 20—50 CC. einer beliebig verdünnten Schwefelsäure ab, versetzt mit Chlorbaryum und bestimmt das Gewicht des entstandenen Niederschlags, woraus sich der Gehalt der angewandten Menge verdünnter Schwefelsäure an SO_3 oder SO_3HO berechnen lässt; hat man diesen Gehalt ermittelt, dann kann die Säure leicht auf die Normalverdünnung gebracht werden.

Den Wirkungswerth einer Lösung, welche zu maassanalytischen Versuchen gebraucht wird, nennt man ihren Titer, und die Feststellung desselben die Titerstellung, die ganze Operation wird das Titriren genannt.

b) Herstellung der Normallauge. Mit Hülfe einer Normalschwefelsäure ist es leicht, die Normallauge zu bereiten, indem man eine beliebige Natronlauge nur so stark zu verdünnen hat, dass gleich viel Flüssigkeit von beiden nöthig ist, um den Neutralisationspunkt zu erreichen. Erfüllt eine Lauge diese Bedingung, d. h. sättigen 20 CC. derselben genau 20 CC. Schwefelsäure, so ist sie normal; denn da 1 Aeq. Natronhydrat durch 1 Aeq. Schwefelsäurehydrat gesättigt wird, und diese Mengen in Grammen in je 1000 CC. enthalten sind, so werden immer gleiche Mengen von Normallauge und Normalsäure ihre Bestandtheile in einem solchen Verhältniss enthalten, wie es die gegenseitige Neutralisation verlangt, d. h. ein Verhältniss von 40 (Natronhydrat) zu 49 (Schwefelsäure).

c) Ausführung einiger alkalimetrischer oder acidimetrischer Bestimmungen.

α) Bestimmung des Gehaltes einer Soda. Die Soda des Handels enthält neben kohlensaurem Natron noch mehrere andere Substanzen, deren Gehalt wechselnd ist; es ist von grosser praktischer Wichtigkeit, den Gehalt einer käuflichen Soda an kohlensaurem oder freiem Natron kennen zu lernen, da der Werth derselben hiervon abhängt. Man wägt zum Zweck der Untersuchung etwa 3—4 Gr. käuflicher Soda ab, löst in Wasser auf, filtrirt von etwa bleibendem Rückstand, setzt Lackmustinctur bis zur deutlichen Bläuung zu und übersättigt die Lösung mit Normalschwefelsäure, welche man aus einer Mohr'schen Bürette zufliessen lässt und deren Menge man genau misst, verjagt alsdann durch Kochen alle Kohlensäure, übersättigt hierauf mit Normal-

lauge, deren Menge ebenfalls bestimmt wird, und titrirt nun die überschüssige Lauge mit Normalschwefelsäure zurück; die Farbe der Flüssigkeit muss zuletzt dauernd zwiebelroth sein. Die nachherige Rechnung ist höchst einfach; man subtrahirt zunächst die Anzahl der verbrauchten Cubikcentimeter Normallauge von der Gesammtzahl der zugesetzten Cubikcentimeter Schwefelsäure, der Rest der Schwefelsäure diente zur Neutralisation des in der Soda enthaltenen Natrons; 1000 CC. Normalsäure enthalten 49 Gr. SO_3HO, neutralisiren folglich 31 Gr. NaO, einerlei, ob dieses als kohlensaures Natron oder als Natronhydrat vorliegt; demnach wird folgende Proportion anzusetzen sein: $1000 : 31 = s : x$, wo s die Anzahl Cubikcentimeter Normalsäure, und x die Menge wasserfreien Natrons in Grammen, welche in der abgewogenen Soda enthalten waren, bedeutet.

β) Bestimmung des Gehaltes einer conc. Schwefelsäure. Man wiegt eine gewisse Menge der Säure genau ab, verdünnt mit Wasser, übersättigt mit Normallauge und titrirt mit Normalsäure zurück. Die Anzahl der verbrauchten Cubikcentimeter Normalsäure zieht man von derjenigen der Normallauge ab und berechnet alsdann mit Hülfe der Proportion $1000 : 49 = s : x$, wo s die Anzahl Cubikcentimeter Normallauge, 49 das Aequivalentgewicht der Schwefelsäure und x die Menge von SO_3HO in Grammen in der abgewogenen Menge concentrirter Schwefelsäure bedeutet.

Nach denselben Methoden lassen sich nun noch eine ganze Reihe anderer Körper untersuchen.

γ) Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Luft. Die vorbereitenden Arbeiten für die Ausführung dieser Bestimmung erstrecken sich auf die Herstellung einer Lösung von Oxalsäure, welche 22 mal so verdünnt ist, als die Normaloxalsäure, und einer Lösung von Barythydrat, welche in etwa dem gleichen Verhältniss verdünnt ist. 1000 CC. Normaloxalsäure enthalten 1 Aeq. Oxalsäure in Grammen und werden gleichwerthig sein einer Lösung von 22 Gr. CO_2 (22 ist das Aeq. der CO_2); 1000 CC. einer zweiundzwanzigstel Normaloxalsäure sind also gleichwerthig 1 Gr. CO_2, oder jeder Cubikcentimeter dieser Lösung entspricht 1 Milligramm Kohlensäure. Man bereitet sich eine Normaloxalsäure genau ebenso wie eine Normalschwefelsäure; durch Verdünnung derselben auf das 22fache Volumen erhält man die gewünschte Oxalsäurelösung.

Die Lösung des Barythydrats soll so verdünnt sein, dass eine ungefähr gleiche Anzahl Cubikcentimeter Barytlösung und Oxalsäurelösung zur gegenseitigen Neutralisation nothwendig ist. Die Concentration der Barytlösung ist übrigens wechselnd und muss vor jedem Versuche neu ermittelt werden, was durch Feststellung

der Beziehung derselben zur Oxalsäurelösung geschieht. Die Titerstellung dieser beiden Lösungen geschieht in der Weise, dass man die Oxalsäurelösung aus einer Bürette zu einem abgemessenen Volumen Barytwasser laufen lässt, von Zeit zu Zeit mit einem kleinen Tropfen die Reaction auf Curcumapapier prüft und so lange mit dem Zusatze der Oxalsäurelösung fortfährt, bis kein brauner Fleck mehr entsteht.

Nach diesen Vorbereitungen füllt man eine etwa 10—12 Liter fassende Flasche mit der zu untersuchenden Luft, bringt 50 bis 100 CC. Barytlösung hinein und schüttelt tüchtig um; die Kohlensäure wird nach einiger Zeit absorbirt sein, worauf man mit einer Pipette 25—50 CC. der Barytlösung wieder heraushebt und mit Oxalsäurelösung bis zur Neutralisation versetzt; die nun folgende Rechnung stellt sich dann so: Gesetzt der Fall, die Barytlösung sei so verdünnt, dass 50 CC. derselben durch x CC. Oxalsäurelösung neutralisirt würden; man habe in die Flasche 50 CC. Barytwasser gebracht, dann nach der Absorption der Kohlensäure wieder 25 CC. heraus genommen und zur Neutralisation des darin noch enthaltenen Barythydrats y CC. Oxalsäurelösung gebraucht; so würde x—2y die Anzahl Cubikcentimeter Oxalsäurelösung sein, welche die der absorbirten Kohlensäure äquivalente Menge Oxalsäure enthielt; da nun 1 CC. Oxalsäurelösung 0,001 Gr. CO_2 entspricht, wären demnach (x—2y) Gr. CO_2 absorbirt worden, welche in so viel Luft enthalten waren, als die Flasche aufzunehmen vermag. Die Angabe des Kohlensäuregehaltes der Luft kann nun entweder in der Art gemacht werden, dass man sagt, wie viel Gramme Kohlensäure in dem betreffenden Volumen Luft enthalten sind, oder indem man die Anzahl der Cubikcentimeter Kohlensäure mittheilt. Im ersten Falle sind es Gewichtsprocente und im anderen Falle Volumprocente, die man zu berechnen hat. Bei der Umrechnung der Gewichtsprocente auf Volumprocente hat man zu berücksichtigen, dass 1 Gr. Kohlensäure 507,23 CC. einnimmt, dass folglich z. B. 0,0001 Gewichtsprocente gleich $0{,}0001 \times 507{,}23 = 0{,}050723$ Volumprocente sind, welche Zahlen jedoch nur für Luft von 0° C. und bei einem Barometerstand von 760^{mm} gelten, weshalb man darnach das ursprüngliche Luftvolumen zu reduciren hat.

2. Maassanalytische Bestimmung des Eisens.

a) Methode, welche auf der Oxydation der Eisenoxydulsalze durch übermangansaures Kali beruht. Das übermangansaure Kali bewirkt in sauren Lösungen der Eisenoxydulsalze eine rasche Oxydation der letzteren, während gleichzeitig Manganoxydulsalz entsteht. Bei der Anwendung dieser Reaction zur Bestimmung des Eisens ist es nicht nöthig, den

hierbei verlaufenden Process genau zu kennen und bei der Berechnung in Berücksichtigung zu ziehen, da man keine Normallösung des übermangansauren Kalis anwendet, sondern den Wirkungswerth der Chamäleonlösung für jeden Versuch feststellt, d. h. bestimmt, wie viel Eisen durch 1 CC. der betr. Chamäleonlösung aus der Oxydulform in die Oxydform überführt wird, wonach dann leicht aus der Anzahl der zu einer Analyse verbrauchten Cubikcentimeter die vorhandene Menge metallischen Eisens berechnet werden kann.

Der Vollständigkeit halber sei hier die Zersetzungsgleichung, welche den Process der Oxydation des Eisenoxyduls durch übermangansaures Kali ausdrückt, angeführt:

$$10FeOSO_3 + 8SO_3HO + KOMn_2O_7 = 5Fe_2O_33SO_3 + 2MnOSO_3 + KOSO_3 + 8HO.$$

Wie aus dieser Gleichung ersichtlich, ist eine bestimmte Menge freier Säure für das Zustandekommen einer vollständigen Reduction der Uebermangansäure zu Manganoxydul nothwendig, denn andernfalls würde sich Manganoxyduloxyd, und zwar in wechselnder Menge, bilden, was vermieden werden muss, da dieses, eine braune Trübung hervorbringend, das Ende der Reaction viel schwerer erkennbar machen würde, abgesehen von der durch die Unbeständigkeit des Verlaufs der Reaction bedingten Unsicherheit. Wenn wir, wie in diesem Falle von einem Versuch auf einen andern einen Rückschluss machen wollen, so müssen beide genau gleich verlaufen, denn würde z. B. die Uebermangansäure in einem Falle zu Manganoxydul reducirt und im anderen Falle nur zu Manganoxyduloxyd, so wäre ihr Wirkungswerth bezüglich der Oxydation des Eisenoxyduls in beiden Fällen verschieden, weshalb wir den ersten Versuch für die Beurtheilung des zweiten nicht als maassgebend erachten dürfen. Man vermeidet diesen Uebelstand durch Zusatz einer grösseren Menge von Schwefelsäure und nicht allzu rasches Zugiessen der Chamäleonlösung. Das Ende der Reaction wird dadurch angezeigt, dass die Farbe des eingegossenen Chamäleons erhalten bleibt. Setzt man nämlich zu einer Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul tropfenweise Chamäleonlösung, so entsteht nach Zusatz eines Tropfens an einer kleinen Stelle eine violette Farbe, die aber sehr rasch wieder verschwindet, in Folge der Reduction des violetten Chamäleons zu nahezu farblosem schwefelsaurem Manganoxydul; ist jedoch sämmtliches Eisenoxydul oxydirt, so bleibt die Farbe des Chamäleons erhalten. Es muss natürlich zum Hervorbringen der Färbung ein kleiner Ueberschuss von Chamäleon genommen werden, weshalb man nicht die zur Oxydation des Eisenoxyduls verbrauchte Menge richtig erfährt; will man diesen kleinen Fehler vermeiden, so hat man nur zur Verdünnung des schwefelsauren Eisenoxyduls durch einen Tropfen

Chamäleon gefärbtes Wasser zu nehmen, und die dazu nöthige kleine Menge zu vernachlässigen.

Ferner ist es rathsam, die Gegenwart von Salzsäure oder Chlormetallen möglichst auszuschliessen, weil durch diese eine Zersetzung des Chamäleons in gleichem Sinne wie durch Eisenoxydul veranlasst wird. Lassen sich diese jedoch nicht wohl ausschliessen, so ist eine grössere Verdünnung der Flüssigkeit ein annäherndes Aushülfsmittel. Das Titriren mit Chamäleon muss mit einer Gay-Lussac'schen Bürette geschehen.

α) Titerstellung der Chamäleonlösung. Da eine Lösung des übermangansauren Kalis leicht zersetzbar ist, so ist man genöthigt, den Wirkungswerth derselben von Zeit zu Zeit festzustellen; es genügt, wenn man dies jeden Tag zweimal thut; zu dem genannten Zweck wiegt man circa 1,5 Gr. schwefelsaures Eisenoxydulammoniak (Doppelsalz von schwefelsaurem Eisenoxydul und schwefelsaurem Ammoniak von der Formel $FeOSO_3 + NH_4OSO_3 + 6HO$, welches durch Vermischen der Lösungen dieser beiden Salze und Krystallisirenlassen erhalten wird; genau der siebente Theil seines Gewichtes ist metallisches Eisen), löst in Wasser auf, setzt 15—20 CC. verdünnter Schwefelsäure (im Verhältniss 1 Thl. SO_3HO und 5 Thle. Wasser verdünnt) zu und titrirt mit Chamäleon. Das Ende der Reaction soll in diesem Fall nach Zusatz von 20—25 CC. Chamäleon eintreten; ist die Lösung zu concentrirt oder zu verdünnt, so muss sie bez. verdünnter oder concentrirter gemacht werden; übrigens ist auch grössere Verdünnung ohne Schaden. Hat man das genannte Eisenammoniakdoppelsalz nicht zur Hand, so wiegt man 0,4—0,5 Gr. metallisches Eisen ab, am besten blanken Klavierdraht, löst in verdünnter Schwefelsäure auf und verfährt wie oben. Selbstverständlich muss dafür gesorgt werden, dass sich in beiden Fällen auch alles Eisen in der Oxydulform in Lösung befindet, ehe man Chamäleon zersetzt. Aus der Anzahl der verbrauchten Cubikcentimeter Chamäleon und der abgewogenen Menge Eisensalz oder Eisen ist der Wirkungswerth des ersteren leicht zu berechnen.

β) Bestimmung des Eisens im Spatheisenstein. Man wägt etwa 1 Gr. des Minerals ab, löst in Schwefelsäure auf, erwärmt mit ein wenig wässeriger schwefliger Säure zur Reduction etwa vorhandenen Eisenoxyds, verjagt die überschüssige schweflige Säure durch Kochen, lässt unter Luftabschluss erkalten und titrirt mit Chamäleon. Aus der Anzahl Cubikcentimeter verbrauchten Chamäleons und dem bekannten Titer lässt sich die Menge des vorhandenen Eisens leicht berechnen.

Liegt eine oxydhaltige Eisenverbindung vor, so muss dieselbe nach der Auflösung durch schweflige Säure oder durch Einlegen

eines Stückchen eisenfreien Zinks vollständig zu Oxydul reducirt werden, wobei letzteres ganz aufgelöst werden muss.

b) Methode, welche auf der Reduction des Eisenoxyds durch Zinnchlorür beruht. Wird eine stark salzsaure Lösung eines Eisenoxydsalzes mit nicht zu concentrirtem Zinnchlorür gekocht, so entfärbt sich erstere, indem sich das Eisenoxyd in Oxydul verwandelt; darauf gründet sich eine maassanalytische Bestimmungsmethode des Eisens, welche sehr genaue Resultate liefert und wegen der Allgemeinheit ihrer Anwendbarkeit sehr wichtig ist.

Man bereitet durch Auflösen von Stanniol in concentrirter Salzsäure eine Lösung von Zinnchlorür, verdünnt dieselbe so stark, dass in 1000 CC. derselben etwa 9 Gr. metallisches Zinn gelöst sind, und bewahrt sie in gut verschlossenen Gefässen auf.

α) Um den Wirkungswerth dieser Lösung, der wegen der leichten Oxydirbarkeit des Zinnchlorürs wechselnd ist und daher vor jedem Versuch festgestellt werden muss, zu bestimmen, bereitet man zunächst: 1) eine Auflösung von metallischem Eisen in Salzsäure, oxydirt dieselbe durch Kochen mit wenig chlorsaurem Kali, verdünnt auf ein bestimmtes Volumen, bestimmt in einem genau gemessenen aliquoten Theil der ganzen Lösung auf gewichtsanalytischem Wege das darin enthaltene Eisen nach 238, und verdünnt hierauf so stark, dass in 1000 CC. dieser Lösung etwa 7—8 Gr. Eisen als Eisenchlorid enthalten sind; 2) eine Auflösung von Jod in Jodkalium, welcher man am besten die Verdünnung einer Zehntelnormallösung giebt; von beiden Lösungen bereitet man eine grössere Menge, um genug für eine Anzahl von Versuchen vorräthig zu haben, und bewahrt sie in gut verschliessbaren Gläsern auf. Der Gehalt der Eisenchloridlösung wird am besten auf der Etikette des Glases notirt.

Um zur Ausführung des Versuches zu schreiten, hebt man mit einer Pipette 40 CC. der Eisenchloridlösung in ein kleines, etwa 300 CC. fassendes Kölbchen, erwärmt zum Sieden und lässt alsdann aus einer Mohr'schen Bürette so lange Zinnchlorürlösung in die siedende Flüssigkeit einfliessen, bis dieselbe farblos wird; man lässt hierauf unter Luftabschluss erkalten, setzt einige Tropfen Stärkekleister zu, und lässt alsdann aus einer zweiten Mohr'schen Bürette Jodlösung bis zum Auftreten der blauen Jodstärke (siehe pag. 73) zufliessen *). Durch den Zusatz der Jodlösung wird das

*) Bei einiger Uebung kann man es leicht erreichen, dass kein oder doch nur ein sehr geringer Ueberschuss von Zinnchlorür zugesetzt werden muss; dies gelingt am besten, wenn man das Zinnchlorür zuletzt tropfenweise zusetzt und jedesmal eine kurze Zeit wartet; ein grosser Ueberschuss von Zinnchlorür

überschüssig zugesetzte Zinnchlorür zurück titrirt, und da man durch einen besonderen Versuch die Relation der beiden Lösungen von Zinnchlorür und Jod feststellen kann, so weiss man genau, wie viel Cubikcentimeter Zinnchlorür zuviel zugesetzt waren und, wenn man diese Zahl von der Gesammtzahl abzieht, wie viel zur Reduction der bekannten Menge Eisen verbraucht wurde. Für den Fall, dass in 50 CC. der Eisenlösung 0,4 Gr. Eisen enthalten seien, dass ferner 10 CC. Zinnchlorür nach Zusatz von Stärkekleister zum Eintreten einer blauen Färbung 15 CC. Jodlösung gebrauchten, dass weiter die Gesammtmenge des zum Eisenchlorid gebrachten Zinnchlorürs 41 CC. und die Menge Jodlösung, welche zum Zurücktitriren des Ueberschusses gebraucht worden war, 1,5 CC. betragen hätte, wäre die Rechnung folgende: 1,5 CC. Jodlösung entsprechen 1 CC. Zinnchlorür, welches zuviel zugesetzt worden war; folglich sind zur Reduction des Eisenchlorids in 50 CC der Eisenlösung 41—1 CC. Zinnchlorür gebraucht worden, was einen solchen Wirkungswerth der Zinnchlorürlösung anzeigt, dass 40 CC. derselben 0,4 Gr. Eisen oder 10CC — 0,1 Gr. Eisen, oder 1CC — 0,01 Gr. Eisen aus der Oxydform in die Oxydulform überführen können.

β) Aus dem beschriebenen Verfahren der Titerstellung ergiebt sich die Ausführung einer Bestimmungsmethode. Will man z. B. den Eisengehalt eines Spatheisensteins nach dieser Methode bestimmen, so löst man 1 Gr. in Salzsäure auf, oxydirt mit chlorsaurem Kali und verfährt mit der so erhaltenen Lösung nach α. Hat man bei diesem Versuch nach Abzug des Ueberschusses z. B. 35 CC. Zinnchlorür, so ergiebt sich daraus, dass in dem abgewogenen Gramm Spatheisenstein 0,35 Gr. metallisches Eisen enthalten waren, dass also der Spatheisenstein 35 % Eisen enthält.

Einer sehr ausgedehnten Anwendung ist diese Methode deshalb fähig, weil man im Stande ist, aus dem in einer Flüssigkeit gefundenen Eisenoxyd die Menge irgend einer oxydirenden Substanz zu bestimmen, welche die Bildung dieses Eisenoxyds veranlasst hat. So bestimmt man z. B. die Salpetersäure.

γ) Bestimmung der Salpetersäure in einem salpetersauren Salze. Man bedarf zu diesem Versuche eines Apparates, der aus einem Kolben besteht, welcher mit einem doppelt durchbohrten Korke verschlossen ist, durch dessen eine Durchbohrung eine Glasröhre eingeführt ist, welche mit einer Kohlensäureentwicklungsflasche in Verbindung steht, während die andere Durchbohrung mit einer zu einer Spitze ausgezogenen Glasröhre versehen ist; erstere Röhre reicht bis in die Mitte des Kolbens, die letztere setzt unmittelbar am Stopfen an. Während man

---

ist zu vermeiden, weil die Reaction dieses und des Jods auf einander nicht sicher genug ist.

man einen lebhaften Strom Kohlensäure durch den Kolben leitet, löst man darin eine nicht genau gewogene Menge Eisen in Salzsäure auf, was durch Erwärmen beschleunigt wird; setzt, nachdem die Auflösung vollendet ist, noch etwa 20—30 CC. verdünnte Salzsäure hinzu, treibt allen Wasserstoff aus dem Kolben aus und bringt alsdann die genau vorbereitete und abgewogene Menge des salpetersauren Salzes in der Art hinein, dass man den Stopfen ein wenig lüpft, die Substanz mit dem kleinen Glasröhrchen, in welchem sie abgewogen wurde, hinein wirft und den Stopfen wieder schliesst; es beginnt alsbald eine heftige Reaction, die Flüssigkeit färbt sich braun (64 pag. 228), sämmtliche Salpetersäure wird reducirt und dafür Eisenchlorür oxydirt, schliesslich verschwindet die dunkelbraune Färbung wieder, die Flüssigkeit nimmt eine gelbrothe Farbe an; die Reaction ist nun beendet. Während der ganzen Zeit muss Kohlensäure durch den Kolben geleitet werden, da keine Spur von Sauerstoff mit dem aus der Flüssigkeit entweichenden Stickstoffoxyd zusammen kommen darf; es hat sich nun durch den Einfluss der Salpetersäure eine gewisse Menge Eisenoxyd gebildet, welche nach dem bei *α* angegebenen Verfahren bestimmt wird.

Die Berechnung der Salpetersäure hieraus ist nicht schwer; die auf pag. 145 angegebene Gleichung zeigt, dass durch 1 Aeq. NO_5HO 6 Aeq. Eisen aus der Oxydulform in die Oxydform übergeführt werden, folglich entsprechen 168 Gr. Eisen 63 Gr. Salpetersäure; sind z. B. zur Reduction des vorhandenen Eisenoxyds 50 CC. Zinnchlorür verbraucht worden, so sind 0,5 Gr. Eisen durch die vorhandene Salpetersäure oxydirt worden (wenn der unter *α* angenommene Titer der Zinnchlorürlösung noch bestand, wonach 1 CC. derselben 0,01 Gr. Eisen anzeigt), woraus die Salpetersäure nach folgendem Ansatz zu berechnen ist: $168 : 63 = 0,5 : x$; x ist die Menge der Salpetersäure in Grammen.

Da man bei dieser Methode die Menge des gebildeten Eisenoxyds bestimmt, ohne Rücksicht auf den Ueberschuss des Eisenoxyduls zu nehmen, so hat man auch nicht nöthig, diesen zu kennen; es ist übrigens doch nothwendig, das ursprünglich angewandte Eisen wenigstens annähernd abzuwiegen und etwa die $2^1/_2$—3 fache Menge des abgewogenen salpetersauren Salzes zu nehmen, damit man auch sicher sei, den nothwendigen Ueberschuss von Eisenoxydul zu haben.

3. Maassanalytische Bestimmung des Jods und daran sich anschliessende Titrirmethoden.

Die maassanalytische Bestimmung des Jods kann auf dreierlei Art ausgeführt werden, indem man entweder eine alkalische Lö-

sung von arseniger Säure, oder eine Lösung von schwefliger Säure, oder eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron anwendet.

a) Bestimmung des Jods mittelst arseniger Säure. Die Reaction des Jods auf arsenige Säure in alkalischer Lösung verläuft nach folgender Gleichung: $2NaO\,AsO_3 + 2J + 3HO = AsO_5\,3HO + 2NaJ$, wonach 1 Aeq. arseniger Säure durch 2 Aeq. Jod oxydirt werden.

α) Man bereitet der Einfachheit der Rechnung halber eine Zwanzigstelnormallösung der arsenigen Säure, indem man etwa 3—4 Gr. reinster arseniger Säure abwiegt, mit der doppelten Menge doppeltkohlensauren Natrons vermischt, in siedendem Wasser löst und so verdünnt, dass in 1000 Cubikcentimetern 4,5 Gr. arseniger Säure ($^1/_{20}$ Aeq.) aufgelöst sind.

β) Zu den folgenden Bestimmungen bedarf man einer Jodlösung von bekannten Gehalten, welche man mit Hülfe der beschriebenen Lösung der arsenigen Säure leicht herstellen kann und der man am besten die Concentration einer Zehntelnormallösung giebt. Man löst zu diesem Zweck etwa 9—10 Gr. reinsten Jods in einer wässerigen Lösung von 45—50 Gr. Jodkalium auf und verdünnt dieselbe so stark, dass eine gleiche Anzahl Cubikcentimeter der Jodlösung und der Lösung der arsenigen Säure nöthig ist, um die Reaction zwischen beiden zu Ende zu führen.

Man bringt mit einer Pipette 20 CC. der Lösung der arsenigen Säure in ein Becherglas, setzt 2—3 CC. Stärkekleister zu und lässt nun aus einer Mohr'schen Bürette so lange Jodlösung zufliessen, bis die blaue Farbe der Jodstärke zum Vorschein kommt und bleibend ist; hat man dazu nur 16 CC. Jodlösung gebraucht, so verdünnt man je 16 CC. auf 20 CC., um die gewünschte Verdünnung zu erreichen.

γ) Will man mit der Lösung der arsenigen Säure freies Jod bestimmen, so wiegt man die zu untersuchende Substanz ab, löst in einer Auflösung von Jodkalium (1 Theil Jodkalium auf 10 Theile Wasser) auf, wobei man auf 1 Gr. Jod etwa 1 Gr. Jodkalium anzuwenden hat, und setzt nun arsenige Säure aus einer Mohr'schen Bürette im Ueberschuss zu, wobei sich die anfänglich braune Flüssigkeit entfärbt; den geringen Ueberschuss der arsenigen Säure titrirt man mit Hülfe einer Zehntelnormallösung unter Anwendung von Stärkekleister als Indicator des Endes der Reaction zurück.

b) Bestimmung der unterchlorigen Säure im Chlorkalk mittelst arseniger Säure. Lässt man eine Lösung von arseniger Säure zu einer Auflösung von Chlorkalk fliessen, so wird die arsenige Säure oxydirt; man erkennt den Moment, wann die Reaction beendet ist, daran, dass ein Tropfen der Lösung

auf Jodkaliumstärkepapier*) keinen blauen Fleck mehr hervorbringt.

Man wägt von dem zu untersuchenden Chlorkalk 10 Gr. ab und zerreibt sie in einer Porzellanschale mit Wasser zu einem dünnen Brei, bringt denselben in eine Literflasche und verdünnt bis zur Marke; je 50 CC. der Lösung enthalten 0,5 Gr. des angewandten Chlorkalks. Aus der Anzahl der zur vollständigen Zersetzung verbrauchten Cubikcentimeter der Lösung der arsenigen Säure lässt sich der Wirkungswerth des Chlorkalks, der von der darin enthaltenen unterchlorigen Säure abhängt, berechnen. Die Reaction der unterchlorigen Säure auf arsenige Säure in alkalischer Lösung verläuft nach folgender Gleichung:

$$CaOClO + 2NaO.AsO_3 + NaOHO = CaCl + 3NaO.AsO_5 + HO;$$

wonach 1 Aeq. unterchlorigsaurer Kalk einem Aequivalent arseniger Säure entspricht; da nun 1 Aeq. unterchlorigsaurer Kalk den Wirkungswerth von 2 Aeq. Chlor hat, so wird aus der Anzahl der verbrauchten Cubikcentimeter arseniger Säure die Menge wirksamen Chlors im Chlorkalk nach folgender Proportion sich berechnen lassen: 1000 CC. (arsenige Säure): 3,55 Gr. Chlor $= a : x$; wo a die Anzahl Cubikcentimeter der arsenigen Säure und x die Menge des wirksamen Chlors in 0,5 Gr. Chlorkalk in Grammen bezeichnet.

c) Bestimmung des Jods mittelst schwefliger Säure. Die Reaction zwischen Jod und schwefliger Säure verläuft bei Gegenwart von viel Wasser (siehe pag. 103) nach folgender Gleichung:

$$SO_2 + 2HO + J = SO_3HO + HJ.$$

α) Bereitung der Lösung der schwefligen Säure. Man verdünnt eine gesättigte Lösung der schwefligen Säure mit etwa der 100fachen Menge destillirten Wassers, und füllt diese Lösung in gut verschliessbare Flaschen. Durch einen ersten Versuch stellt man die Relation dieser und der Zehntelnormaljodlösung fest; es werden 100 CC. der schwefligen Säure bis zum Eintritt der blauen Färbung etwa 10—15 CC. Jodlösung gebrauchen. Wegen der Verdunstung der schwefligen Säure aus dieser Lösung muss man den Versuch möglichst rasch ausführen; die Jodlösung fliesst aus einer Mohr'schen Bürette zur Lösung der schwefligen Säure, welche sich in einem Kölbchen befindet.

β) Die Ausführung der Jodbestimmung ist höchst einfach, indem man die Lösung der zu untersuchenden abgewo-

*) Dieses Papier bereitet man sich, indem man feines Druckpapier mit einer Lösung von Stärke in der etwa 160fachen Menge Wassers und einer Lösung gleicher Theile Jodkaliums und kohlensauren Natrons, welche zusammen nahezu das Gewicht der angewandten Stärke haben, tränkt und wieder trocknet.

genen Substanz mit so viel schwefliger Säure übergiesst, dass die anfänglich gefärbte Flüssigkeit farblos wird, und dann den Ueberschuss der schwefligen Säure mit Zehntelnormaljodlösung zurücktitrirt.

Man kann sich bei diesen Versuchen zum Abmessen der schwefligen Säurelösung, von der man grössere Mengen nöthig hat, kleiner Flaschen bedienen, deren Inhalt man in Bezug auf den Wirkungswerth der darin enthaltenen schwefligen Säure gegenüber der Jodlösung kennt. Die Flaschen haben am besten einen Rauminhalt von 100—200 CC.

c) Bestimmung des Jods mittelst unterschwefligsauren Natrons.*) Die Reaction, welche bei Einwirkung freien Jods auf unterschwefligsaures Natron verläuft, lässt sich durch folgende Gleichung ausdrücken:

$$2NaOS_2O_2 + J = NaJ + NaOS_4O_5.$$

α) Bereitung der Lösung von unterschwefligsaurem Natron. Man löst circa 25 Gr. krystallisirten unterschwefligsauren Natrons in Wasser, verdünnt auf 1 Liter und stellt alsdann die Relation zwischen dieser Lösung und der Zehntelnormaljodlösung fest, indem man von der Lösung des unterschwefligsauren Natrons aus einer Mohr'schen Bürette so lange zu etwa 25 CC. Jodlösung zufliessen lässt, bis die Lösung hellgelb geworden ist, worauf man etwas Stärkekleister zusetzt, um die entstandene blaue Farbe durch vorsichtiges Zutröpfeln von unterschwefligsaurem Natron zum Verschwinden zu bringen.

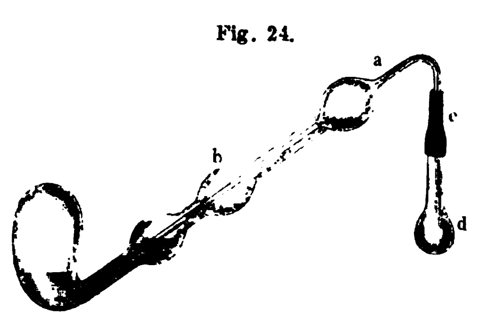
β) Die Ausführung einer Jodbestimmung nach dieser Methode geschieht genau in derselben Weise, wie die Titerstellung der Lösung von unterschwefligsaurem Natron.

d) Bestimmung des Manganhyperoxyds im Braunstein. Beim Auflösen von Manganhyperoxyd in conc. Salzsäure entwickelt sich Chlorgas, und zwar auf 1 Aeq. MnO_2 1 Aeq. Cl; leitet man das Chlor in eine Lösung von Jodkalium, so scheidet sich für jedes Aequivalent Chlor ein Aequivalent Jod aus. Die Bestimmung dieses Jods gestattet somit die Bestimmung des Manganhyperoxyds. Man bedient sich hierzu des Apparates Fig. 24. Die abgewogene Menge sehr fein pulverisirten Braunsteins, etwa 0,2—0,3 Gr., befindet sich mit conc. Salzsäure übergossen in dem kleinen Kölbchen d, welches durch den Kautschoukschlauch c und die Kugelröhre a mit der Retorte b, an deren Hals zwei Kugeln angeblasen sind, zusammenhängt; in diese Re-

*) Das unterschwefligsaure Natron entsteht beim Kochen einer Lösung von schwefligsaurem Natron, welche man durch Sättigen von kohlensaurem Natron mit schwefliger Säure erhalten hat, mit Schwefel und krystallisirt in schönen, farblosen Krystallen.

torte wird die Lösung des Jodkaliums hereingebracht, etwa 3 Gr. in 40 bis 50 CC. Wasser gelöst; ist alles vorbereitet, so erhitzt man die Masse im Kölbchen d, es entwickelt sich Chlorgas, welches durch c und a in die Lösung des Jodkaliums entweicht und daraus Jod abscheidet, wobei sich letztere Lösung braun färbt; nachdem aller Braunstein gelöst ist, verflüchtigt man noch etwas Salzsäure aus d, damit sicher alles Chlor ausgetrieben werde und lässt hierauf den Apparat erkalten; um jedoch ein Zurücksteigen der Flüssigkeit nach d zu vermeiden, entfernt man die Röhre a mit dem Kölbchen d langsam aus der Flüssigkeit; es ist rathsam, während der ganzen Operation die Retorte b mit Wasser abzukühlen. Es erübrigt nun noch das ausgeschiedene Jod zu bestimmen; man verfährt dabei am besten nach b β. Die Ausrechnung des Resultats ist sehr einfach. Da man bei allen Jodbestimmungen die Anzahl der Cubikcentimeter der Zehntelnormaljodlösung kennt, welche der verbrauchten arsenigen Säure, schwefligen Säure oder dem unterschwefligsauren Natron entspricht, so berechnet man stets die Menge des gefundenen Jods nach folgendem Ansatz: 1000 : 12,7 = a : x, wo a die Anzahl Cubikcentimeter Jodlösung ist, welche dem verbrauchten Reagenz entsprechen und x die Menge des gefundenen Jods. So verfährt man auch in diesem Falle, nur substituirt man für Jod Manganhyperoxyd und setzt die Proportion: 1000 : 4,35 = a : x an, wo a die gleiche Bedeutung wie oben hat, 4,35 $^1/_{10}$ Aeq. Manganhyperoxyd und x die Menge des gefundenen Braunsteins in Grammen bedeutet. Dass man für Jod unmittelbar Braunstein substituiren kann, erhellt aus der Betrachtung, dass der Wirkungswerth von 1 Aeq. J, 1 Aeq. Cl und 1 Aeq. MnO_2 gleich ist, dass folglich 1000 CC. Jodlösung sowohl $^1/_{10}$ Aeq. J, als auch $^1/_{10}$ Aeq. Cl, als auch $^1/_{10}$ Aeq. MnO_2 entsprechen. Gesetzt der Fall, wir hätten 0,35 Gr. Braunstein abgewogen und wie oben behandelt, alsdann zum Verschwinden der gelben Jodfärbung 6 Fläschchen schwefliger Säure hinzugesetzt, von denen jedes 8 CC. Zehntelnormaljodlösung zur vollständigen Oxydation gebraucht hat, und hierauf wieder 2 CC. Jodlösung, um die Farbe der blauen Jodstärke zu erzeugen, so kämen auf die wirklich verbrauchte Säure 48—2 = 46 CC. Jodlösung, welche den gleichen Wirkungswerth haben, wie das in 0,25 Gr. Braunstein enthaltene Manganhyperoxyd; aus der

Fig. 24.



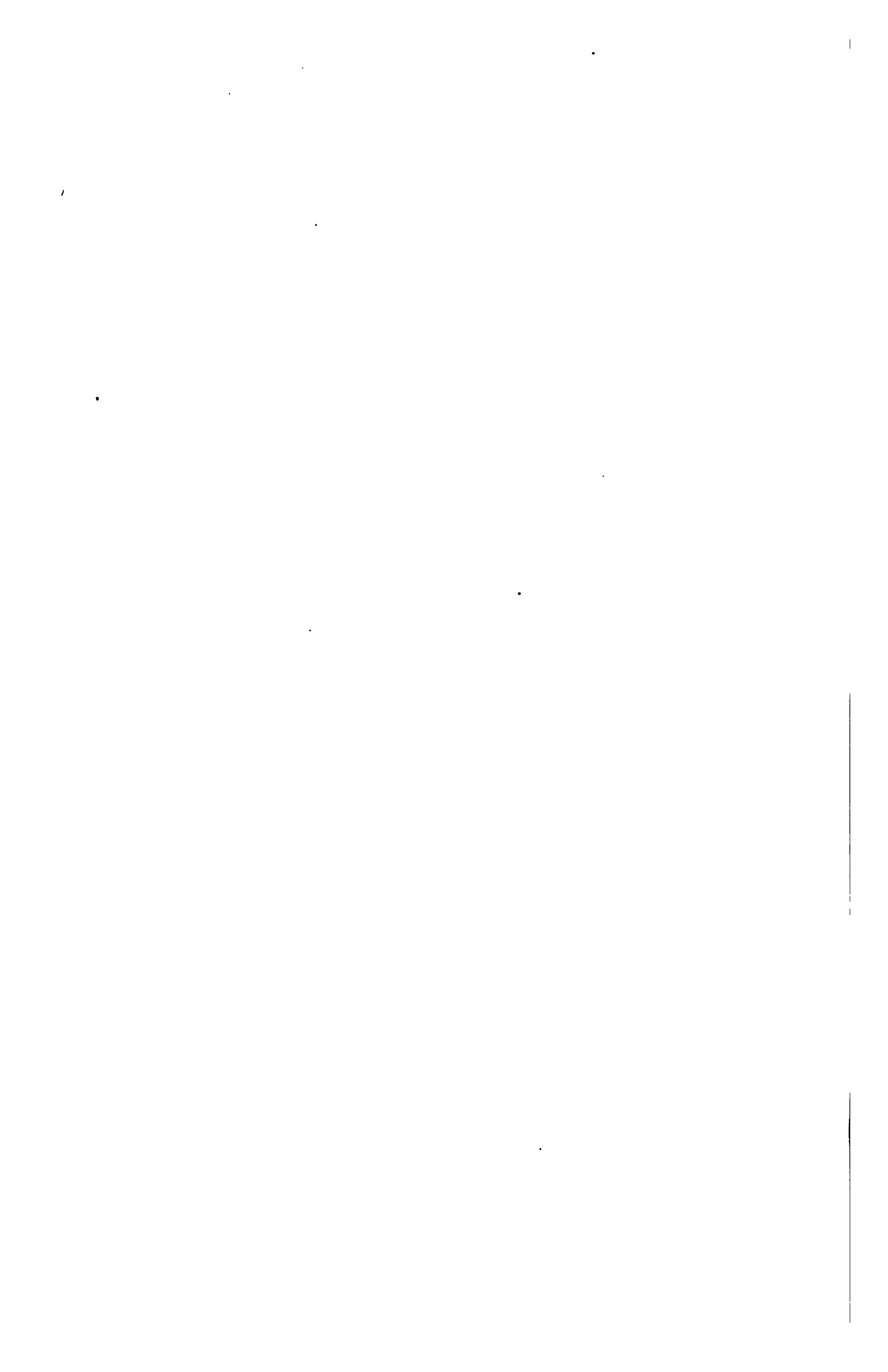
Proportion 1000 : 4,35 = 46 : x berechnen wir dann diese Menge und finden x = 0,21 Gr.; wir sagen nun, in 0,25 Gr. Braunstein sind 0,21 Gr. Manganhyperoxyd enthalten, in hundert Theilen wie viel? Wir finden durch die Proportion 0,25 : 0,21 = 100 : y die Procentmenge = 80,4.

e) Genau in derselben Weise verfährt man zur Bestimmung der Chromsäure im chromsauren Kali, wobei zu berücksichtigen ist, dass 1 Aeq. $KO2CrO_3$ = 3 Aeq. J entspricht, da die Zersetzung des chromsauren Kalis durch Salzsäure nach folgender Gleichung verläuft: $KO2CrO_3 + 7HCl = KCl + Cr_2Cl_3 + 7HO + Cl_3$. Man hat deshalb bei der Ausrechnung die Proportion $1000 : \frac{14{,}71}{3} = a : x$, wo a die Anzahl der Cubikcentimeter Zehntelnormaljodlösung, 14,71 $^1/_{10}$ Aeq. $KO2CrO_3$ und x die gefundene Menge des chromsauren Kalis bedeutet.

Das Princip der Maassanalyse lässt sich noch in sehr vielen Fällen mit Erfolg anwenden und es können noch eine Reihe von Körpern rasch und genau mit Hülfe maassanalytischer Methoden bestimmt werden. Wir sehen jedoch von deren Beschreibung um so mehr ab, als es uns nur um Darlegung der allgemeinen Methode zu thun ist, was durch detaillirte Beschreibung der wichtigsten maassanalytischen Methoden erreicht ist.

ZWEITE ABTHEILUNG.

Organische Chemie.



Einleitung.

Die organische Chemie umfasst die Kohlenstoffverbindungen, von denen nur einige wenige bei der anorganischen Chemie beschrieben worden sind. Der eigenthümliche Charakter der Kohlenstoffverbindungen, die man meist, im Gegensatz zu den anorganischen Verbindungen, organische Verbindungen nennt, liegt darin, dass sich dieselben aus wenigen Elementen zusammensetzen, welche in den mannigfaltigsten Combinationen, sowohl bezüglich der resp. Gewichtsmengen, als auch der Gruppirung mit einander verbunden sind. Neben Kohlenstoff enthalten die organischen Verbindungen Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, manche auch Schwefel, Chlor, Brom oder Jod und andere Elemente. Während jedoch die vier erstgenannten Elemente wesentliche Bestandtheile der organischen Verbindungen sind, können die letzteren denselben entzogen werden, ohne dass damit der Charakter der Substanz als organische Verbindung zerstört wird; mehr oder weniger bezieht sich dies aber auch auf Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, da diese drei Elemente den organischen Verbindungen entnommen und durch andere Elemente ersetzt werden können; nur der Kohlenstoff ist ein so wesentlicher Bestandtheil, dass er nicht aus der Verbindung herausgenommen werden kann, ohne dass sich die Verbindung überhaupt in ihre Bestandtheile auflöst. Man kann in den organischen Verbindungen den Kohlenstoff gewissermaassen als das Gerippe ansehen, um welches sich die andern Bestandtheile anlagern. Letztere können entzogen oder gegen andere Körper ausgetauscht werden, der Kohlenstoff muss aber in der Verbindung verbleiben. Mit dieser, durch die Mannigfaltigkeit der Mengenverhältnisse der Bestandtheile der organischen Verbindungen bedingten Beweglichkeit des Gefüges hängt die leichte Zersetzbarkeit der meisten zusammen Durch Hitze werden die meisten organischen Verbindungen zerstört und entweder anorganische

Verbindungen oder einfachere organische Verbindungen daraus gebildet.

Als eine besonders wichtige Erscheinung haben wir die Existenz vieler Gruppen zu betrachten, deren Glieder bei gleicher procentischer Zusammensetzung die verschiedensten physikalischen und chemischen Eigenschaften besitzen. Solche Gruppen isomerer Körper kommen zwar auch bei den anorganischen Verbindungen vor, sind jedoch selten, während sie bei den organischen Verbindungen eine grosse Rolle spielen. Die Existenz der isomeren Körper (siehe pag. 47) nöthigt uns, näher auf die Gruppirung der Bestandtheile einer Verbindung einzugehen, giebt uns aber gleichzeitig auch den Weg an, den man zu betreten hat, um zur Kenntniss derselben zu gelangen.

Vor allem muss man nun über die Natur der kleinen Theilchen im Klaren sein, welche die Materie zusammensetzen; bei den anorganischen Verbindungen, wo es uns lediglich darauf ankam, durch die chemischen Formeln die Zusammensetzung der Verbindungen auszudrücken, konnten wir uns damit begnügen, die relative Grösse der kleinsten Theilchen aus den Mengenverhältnissen abzuleiten, welche bei der Verbindung der Elemente beobachtet werden. Die Lehre der multiplen Proportionen war eine Stütze für die Annahme kleiner Theilchen, führte jedoch auch immer nur auf die aus dem Gewichtsverhältniss berechneten relativen Grössen. Wollen wir nunmehr auf die Lagerung der kleinen Theilchen eingehen, so müssen wir uns die Existenz derselben noch auf andere Art beweisen, und namentlich eine sichere Methode zur Bestimmung ihrer relativen Grösse ermitteln. Wenn wir durch genaue Interpretation der Gewichtsverhältnisse der sich verbindenden Elemente oder der sich zersetzenden Verbindungen gefunden haben, dass z. B. 35,5 Gewichtstheile Chlor 80 Gewichtstheilen Brom gleichwerthig oder äquivalent sind, so genügte uns dies zur Aufstellung der Formeln der Chlor- und Bromverbindungen; wenn wir andererseits sahen, dass 8 Gewichtstheile Sauerstoff und 35,5 Gewichtstheile Chlor gleichen Oxydationswerth besitzen, so wussten wir zwar genau, dass die Menge des in chemische Action tretenden Sauerstoffs zu der des Chlors in einer Beziehung steht, welche durch die Zahlen 8 und 35,5 ausgedrückt wird, dass demnach auch kleine Massetheilchen von Sauerstoff, Chlor und Brom etc. existiren müssen, welche ihrem Gewichte nach eine ähnliche Beziehung, die durch Zahlen auszudrücken ist, zeigen; ob aber diese kleinen Massetheilchen wirklich in freiem Zustande existiren, ob gerade Massetheilchen von der durch das genannte Zahlenverhältniss bezeichneten Grösse existiren und gewissermaassen als Sitz der chemischen Anziehung anzusehen sind, oder ob mehrere, ein, zwei oder drei solcher Massetheilchen zu einem

einzigen vereinigt sind, um zusammen einen Complex zu bilden, der nicht weiter theilbar ist, konnten wir nicht bestimmen. Wie schon gesagt, folgerte die Existenz kleiner, für den Chemiker untheilbarer Massen aus der Lehre der multiplen Proportionen, welche ihrerseits aus der Aequivalentenlehre entsprang, und für die Aufstellung der Aequivalentenformel konnte die Annahme gemacht werden, dass die durch die Aequivalentgewichtszahlen bezeichneten Massen die kleinen Massetheilchen selbst seien. Wenn nun für weitere theoretische Betrachtungen diese Annahme genauer Begründung entbehrt, so liegt dies daran, dass die Existenz kleiner Massetheilchen nur von einem einseitigen Gesichtspunkte aus, nämlich der der Gewichtsverhältnisse sich verbindender Elemente, bewiesen wurde (siehe hierüber pag. 16 u. f.).

Um das Gesagte ganz klar zu machen, diene eine weitere Ausführung des obigen Beispiels bezüglich der Gleichwerthigkeit der Oxydationswirkungen des Chlors und Sauerstoffs. Betrachten wir nur das Gewichtsverhältniss, so kommen wir zu der Ansicht, dass 8 Gewichtstheile ein Massetheilchen Sauerstoff und 35,5 Gewichtstheile ein Massetheilchen Chlor repräsentiren, wonach alsdann ein Massetheilchen des ersteren äquivalent einem Massetheilchen des letzteren wäre; damit haben wir jedoch entfernt noch nicht bewiesen, dass wirklich dieses Verhältniss besteht, denn da die Annahme, dass die kleinen Massetheilchen von Sauerstoff und Chlor im Gewichtsverhältniss wie 8 zu 35,5 stehen, eine willkürliche ist, so ist auch nicht erwiesen, dass gleiche Anzahl der Massetheilchen von Sauerstoff und Chlor gleiche Wirkung haben. Mit dem gleichen Rechte könnten wir, gestützt auf die Zahlen 8 und 35,5, annehmen, ein Massetheilchen Sauerstoff werde durch die Zahl 16 repräsentirt, während 35,5 ein Massetheilchen Chlor darstelle, woraus sich ergäbe, dass 1 Massetheilchen Sauerstoff gleichwerthig 2 Massetheilchen Chlor wäre; oder wir könnten annehmen, 8 Gewichtstheile Sauerstoff repräsentirten ein Massetheilchen Sauerstoff und 71 Gewichtstheile Chlor 1 Massetheilchen Chlor, woraus sich die Thatsache ergäbe, dass 2 Massetheilchen Sauerstoff gleichwerthig 1 Massetheilchen Chlor seien; wir hätten alsdann die drei folgenden Beziehungen:

1) 8 Sauerstoff äquival. 35,5 Chlor oder 1 Massetheilchen Sauerstoff äquival. 1 Massetheilchen Chlor, wo 8 und 35,5 Gewichtstheile die Grösse der Massetheilchen wären; 2) 16 Sauerstoff äquival. 71 Chlor oder 1 Massetheilchen Sauerstoff äquival. 2 Massetheilchen Chlor, wo 16 und 35,5 Gewichtstheile die Grösse der Massetheilchen bezeichnen; 3) 16 Sauerstoff äquival. 71 Chlor oder 2 Massetheilchen Sauerstoff äquival. 1 Massetheilchen Chlor, wo 8 und 71 Gewichtstheile die Grösse der Massetheilchen ausdrücken.

Welche von diesen drei Annahmen die richtige ist, können

wir aus den bis jetzt angeführten Thatsachen nicht ermitteln; wir müssen daher noch weitere Eigenschaften der Materie kennen lernen, um hierüber ein sicheres Urtheil zu erhalten.

Für die Aufstellung von Aequivalentformeln genügen uns Zeichen, welche die Gewichtsmenge bezeichnen, ohne auf die Grösse der kleinen untheilbaren Massetheilchen Rücksicht zu nehmen; für theoretische Betrachtungen über die Lagerung jener kleinen Massetheilchen, über die Gruppirung der Elemente in einer Verbindung sind dieselben aber nicht ausreichend. Wir wenden uns deshalb zunächst zu einer eingehenden Besprechung der Atomtheorie.

Atomtheorie.

Die Ansicht, dass die Materie aus einer grossen, nicht messbaren Anzahl kleiner Theilchen bestehe, welche aus dem chemischen Verhalten der Elemente abgeleitet wurde, findet in dem Verhalten der Körper gegen die Wärme eine sehr feste Stütze. Vor allen Dingen ist das Verhalten der gasförmigen Körper gegen die Wärme interessant, indem sich daraus nicht allein ergiebt, dass die Materie eines Gases den Raum nicht continuirlich erfüllt, sondern auch, dass in gleich grossen Räumen verschiedener Gase eine gleich grosse Anzahl jener kleinen Theichen enthalten ist. Diese kleinen Theilchen hat man Molecüle genannt. Dieselben sind gewissermaassen die Träger der Eigenschaften der Körper, und bedingen sowohl die chemischen Charaktere als auch die physikalischen Eigenschaften, wie z. B. das spezifische Gewicht. Es existiren daher ebenso viele verschiedene Arten von Molecülen, als es überhaupt verschiedene Körper giebt. Einige wichtige Eigenschaften der Körper sind allerdings von der Natur der Molecüle selbst unabhängig und sind bedingt durch die wechselseitige Beziehung sämmtlicher Molecüle desselben Körpers zu einander. So ist der Aggregatzustand eines Körpers unabhängig von der Grösse und dem Gewicht der Molecüle und wird lediglich durch die verschieden grosse Entfernung der Molecüle von einander und andere gegenseitige Beziehungen der Molecüle untereinander bedingt.

Nach dieser Erörterung werden wir Molecüle diejenige kleinste Menge eines Körpers zu nennen haben, welche in freiem Zustande existiren kann, insofern jedes einzelne Molecül den betreffenden Körper allen seinen chemischen und einigen seiner physikalischen Eigenschaften nach repräsentirt. Für die Physik ist die Annahme von Molecülen ebenfalls unbedingt

nothwendig, wir werden deshalb im physikalischen Theil noch einmal auf die Lehre von den Molecülen zurückkommen.

Es ist nach dem oben über die Natur der Gase Gesagten nicht etwa der Schluss zu ziehen, dass flüssige und feste Körper etwa anders constituirt seien, da diejenigen Körper, welche sich in einem dieser beiden Aggregatzustände befinden, ebenfalls aus Molecülen bestehen; ob jedoch bei festen oder flüssigen Körpern die kleinen Massetheilchen, aus welchen sich dieselben zusammensetzen, ebenso klein sind, wie bei den gasförmigen Körpern, oder ob dieselben aus zwei oder drei oder mehr Molecülen bestehen, welche erst durch Verwandlung des flüssigen oder festen Körpers in den gasförmigen Aggregatzustand gewissermaassen in Freiheit gesetzt werden, mag zunächst dahin gestellt bleiben. Wir haben es fürs erste nur mit den gasförmigen Körpern zu thun, bei welchen allerdings die Verhältnisse am einfachsten sind, und überlassen die Betrachtung der festen und flüssigen Körper dem physikal. Theil.

Der schon angeführte Satz, welcher die Grundlage der ganzen Betrachtung bildet, und der nach seinem Entdecker das Avogadro'sche Gesetz genannt wird, lautet: In gleich grossen Raumtheilen verschiedener Gase sind gleichviel Molecüle enthalten. Dieser Satz wird erwiesen durch das Verhalten der Gase gegen die Wärme, und bezieht sich nur auf die vollkommenen Gase, die wie Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff gewisse Gesetzmässigkeiten zeigen, welche im physikalischen Theil ausführlicher erörtert werden sollen. Ebenso müssen wir den Beweis des Avogadro'schen Gesetzes, sowie die Erkennung, ob ein Körper ein vollkommenes oder nicht vollkommenes Gas ist, auf den physikalischen Theil verschieben und wollen nur bemerken, dass alle diejenigen Körper, welche bei den nächsten Betrachtungen als Gase angesprochen werden, wirklich vollkommene Gase sind, zugleich aber auch beifügen, dass manche bei gewöhnlicher Temperatur gasförmige Körper, wie z. B. das Chlor, erst bei höherer Temperatur in den vollkommenen Gaszustand übergehen, gerade so wie gewisse Dämpfe nicht bei derjenigen Temperatur, bei welcher sie entstehen, die Eigenschaften vollkommener Gase besitzen, dieselben jedoch erlangen bei Temperaturen die bald wenig, bald viel höher liegen, als der Siedepunkt der Flüssigkeit, aus welcher sie entstanden. Die Angaben bezüglich solcher Dämpfe oder Gase beziehen sich deshalb auf Zustände, in welchen sich dieselben bei relativ hohen Temperaturen befinden.

Aus dem Avogadro'schen Gesetz ergiebt sich die Theilbarkeit der Molecüle der Elemente durch chemische Einwirkungen. Dass die Molecüle der Verbindungen theilbar sind, braucht nicht erst erwiesen zu werden, denn es liegt im Begriff des Zusammenge-

setztseins, dass eine Zerlegung in einzelne Theilchen möglich ist. Nicht so unmittelbar lag die Theilbarkeit der Molecüle der Elemente am Tage, sondern es blieb lange zweifelhaft, ob die Molecüle der Elemente wirklich die kleinsten Theilchen seien, die überhaupt existiren, oder ob in den Verbindungen der Elemente noch Theile jener Molecüle enthalten seien. Durch den Beweis des Avogadro'schen Gesetzes ist auch die Theilbarkeit der Elementmolecüle erwiesen, wie sich aus folgender einfachen Betrachtung ergiebt.

Mischt man gleich grosse Raumtheile Wasserstoff und Chlorgas, welche beide n Molecüle enthalten, und lässt durch Einfluss des Lichtes deren Vereinigung erfolgen, so entsteht Salzsäure, und zwar ist der Raum, den dieselbe nach dem Ausgleich der Temperatur des Gases einnimmt, genau eben so gross, als die Summe der Raumtheile jener beiden Gase; es müssen demnach 2n Molecüle Salzsäuregas entstanden sein, denn in dem doppelten Raum sind auch doppelt soviel Molecüle enthalten; hätten sich nun jene n Molecüle Wasserstoff mit den n Molecülen Chlor direct verbunden, wäre also aus je 1 Molecül Wasserstoff und 1 Molecül Chlor 1 Molecül Salzsäure entstanden, so könnten nachher nur n, nicht 2n Molecüle vorhanden sein; aus der Anwesenheit jener 2n Molecüle Salzsäure ergiebt sich also, dass sich nicht 1 Molecül Wasserstoff mit 1 Molecül Chlor zu 1 Molecül Salzsäure verbunden hat, sondern dass sich je $^1/_2$ Molecül Wasserstoff mit $^1/_2$ Molecül Chlor zu je 1 Molecül Salzsäure vereinigte, wodurch die Möglichkeit der Spaltung der Molecüle in Halbmolecüle bewiesen ist. Ob jene Spaltung immer in der Weise vor sich geht, dass zwei Theile entstehen, ist damit nur für Wasserstoff und Chlor und diesen speciellen Fall erwiesen, bleibt jedoch auch für diese Körper so lange unsicher, als man nicht sämmtliche möglichen Verbindungen derselben kennt; denn eben so gut wie sich ein Molecül Wasserstoff bei der Bildung der Salzsäure in zwei Theile spaltet, könnte sich dasselbe bei der Bildung einer anderen Verbindung in vier oder mehr Theile zerlegen; wir nehmen jedoch so lange die Spaltung des Molecüls Wasserstoff in zwei Theile als die äusserste Spaltbarkeit an, als kein Fall, der eine weitere Spaltung ergiebt, bekannt ist. Noch eine Reihe von Beispielen kann die Theilbarkeit der Molecüle beweisen; so bietet die Bildung des Wassers aus Wasserstoff und Sauerstoff ebenso wie die Zerlegung des Wassers in seine Bestandtheile ein Beispiel. Lässt man zwei Raumtheile Wasserstoff und ein Raumtheil Sauerstoff chemisch auf einander einwirken, so entstehen zwei Raumtheile Wasser und es setzen daher 2n Molecüle Wasserstoff und n Molecüle Sauerstoff 2n Molecüle Wasser zusammen; ob bei dieser Vereinigung eine Spaltung der Wasserstoffmolecüle stattgefunden, lässt sich nicht sagen, da

2n Molecüle Wasserstoff sich ganz wohl auf 2n Molecüle Wasser vertheilen können; es ergiebt sich aber aus diesem Versuch, dass sich die Molecüle des Sauerstoffs gespalten haben, indem sich n Molecüle desselben auf 2n Molecüle Wasser vertheilt haben, dass folglich jedes Sauerstoffmolecül in zwei Theile zerfallen ist. Der analytische Versuch, nämlich derjenige der Zerlegung des Wassers in seine Bestandtheile, zeigt, dass nicht allein eine Zerlegung der Molecüle in kleinere Theile möglich ist, sondern dass auch eine Bildung aus jenen kleineren Theilchen stattfinden kann und bei jeder solchen Zersetzung stattfinden muss. Es entstehen ja aus einem Raumtheil Wasser bei der electrolytischen Zersetzung (siehe pag. 56) 1 Raumtheil Wasserstoff und $^1/_2$ Raumtheil Sauerstoff, folglich bilden sich aus n Molecülen Wasser n Molecüle Wasserstoff und $^n/_2$ Molecüle Sauerstoff; es entstehen also aus jenen n Theilen Sauerstoff, welche in n Molecülen Wasser enthalten sind, $^n/_2$ Molecüle Sauerstoff, wodurch erwiesen ist, dass sich je zwei solche Theilchen zu einem Molecül vereinigten. Alle gasförmigen Körper, die entweder direct aus ihren Elementen entstehen, oder bei ihrer Zerlegung in ihre Elemente zerfallen können, oder bei deren Bildung oder Zersetzung auch nur ein freies Element in Action tritt, lassen sich als Beispiele für die Theilbarkeit der Molecüle benutzen.

Das Resultat dieser Versuche und Betrachtungen ist alsdann immer: Die Theilung der Molecüle wird durch chemische Kräfte bewirkt. Man nennt nun die Produkte dieser Zertheilung der Molecüle Atome und sagt: Atome sind die Bestandtheile der Molecüle und können durch chemische Kräfte von einander getrennt und in andere Molecüle übertragen werden. Sie können nicht in freiem Zustand bestehen. Da die Atome nur durch chemische Kräfte von einander getrennt werden und sich aus den Molecülen, denen sie angehören, loslösen, wenn eine chemische Einwirkung auf diese Molecüle erfolgt, in Folge dessen sie sich mit den chemisch einwirkenden Molecülen oder Bestandtheilen derselben verbinden, und da ferner derjenige Theil eines Molecüls, der als das Product der weitest gehenden Zertheilung der Molecüle angesehen wird, als Atom bezeichnet wird, so haben wir Atom dahin zu definiren:

Atom ist diejenige kleinste Menge eines Körpers, welche in einer chemischen Verbindung enthalten sein kann.

Nach den beiden für Molecül und Atom gegebenen Definitionen kann ein Molecül sowohl in gleichartige als auch ungleichartige Bestandtheile zerfallen, während ein Atom nicht weiter in gleichartige Theilchen zerlegbar ist. In diesem Sinne könnten wir

auch von Atomen der Verbindungen sprechen, indem wir darunter diejenige kleinste Menge einer Verbindung verstehen, die in einer chemischen Vereinigung mit anderen einfachen oder zusammengesetzten Atomen enthalten sein kann. Diese Menge wäre nicht weiter in gleichartige Bestandtheile zerlegbar, sondern zerfiele, sobald sich genügend energische Einflüsse geltend machten, in Theile, die jedoch sämmtlich dem ursprünglichen Atome nicht mehr gleichen. Wie jedem Atom eines Elementes ein Molecül desselben Elementes entspricht, so müsste auch durch Vereinigung zweier oder mehrerer zusammengesetzten Atome das Molecül, welches diesen Atomen entspricht, entstehen. Wenn nun solche Molecüle, deren Atome zusammengesetzt sind, überhaupt äusserst selten bekannt sind, so ist auch die ganze Annahme zusammengesetzter Atome nur für einige wenige Fälle nöthig; man betrachtet deshalb lieber die kleinsten Theilchen aller Verbindungen als Molecüle und denkt sich dieselben immer nur als aus Elementaratomen zusammengesetzt, als Folge eines Standpunktes, der dem heutigen Stande der Chemie mehr entspricht als jeder andere.

Wir haben demnach dreierlei verschiedene Arten kleinster Theilchen:

1) Molecüle der Verbindungen, welche aus ungleichartigen Bestandtheilen zusammengesetzt sind; 2) Molecüle der Elemente, welche aus zwei oder mehr gleichartigen Atomen bestehen und 3) die Atome, welche überhaupt nicht weiter theilbar sind, weder in ungleichartige noch in gleichartige Bestandtheile.

Nach den gegebenen Erörterungen sind die Molecüle gewissermaassen die Träger der physikalischen Eigenschaften der Körper und äussern sich physikalische Kräfte lediglich an ihnen, während die Atome als die Centren der chemischen Kräfte anzusehen sind. In diesem Sinne ist denn auch die Theilbarkeit der Molecüle und die Nichttheilbarkeit der Atome aufzufassen, denn die Erledigung der Frage, ob die Materie in's Unendliche theilbar sei oder ob die Theilbarkeit derselben bei den Molecülen oder Atomen eine Grenze habe, ist für den Chemiker unwichtig und mag als eine Aufgabe für den Philosophen dahingestellt bleiben. Vor der Hand genügt es dem Chemiker zu wissen, dass es kleine Massetheilchen giebt, denen dieselben physikalischen und chemischen Eigenschaften zukommen, welche man an den Körpern überhaupt beobachtet. Man schreibt diesen kleinen Massetheilchen räumliche Ausdehnung zu, betrachtet sie als räumlich getrennt und nimmt sogar an, dass bei den gasförmigen Körpern jene Zwischenräume zwischen den einzelnen Molecülen im Verhältniss zur Grösse der letzteren sehr bedeutend sind.

Zum Schlusse dieses Kapitels mag noch einmal ausdrücklich

hervorgehoben werden, dass wir zu einer Vorstellung über die kleinen Massetheilchen gekommen sind, ohne auf die Gewichtsverhältnisse Rücksicht zu nehmen, dass wir uns vielmehr lediglich an die rein physikalischen Eigenschaften hielten, welche ihre natürliche Erklärung eben in der Annahme von Molecülen und Atomen finden. Die nächsten Kapitel werden zeigen, dass wir auf diesem Wege noch weiter kommen und vor Allem auch eine Vorstellung über die Relation der Gewichte der Molecüle und der Atome erlangen können.

Bestimmung des Moleculargewichtes gasförmiger Körper.

Der Avogadro'sche Satz beweist uns nicht allein die Existenz der Atome, sondern verschafft uns auch die Kenntniss der relativen Grösse der Molecüle; denn da nach demselben gleich grosse Raumtheile verschiedener vollkommener Gase gleichviel Molecüle enthalten, so müssen die specifischen Gewichte der vollkommenen Gase in demselben Verhältniss zu einander stehen, wie die Moleculargewichte. Man versteht ja unter spez. Gewicht die relativen Gewichte gleichgrosser Raumtheile verschiedener Körper; bestimmt man demnach durch die Wage um wie vielmal schwerer ein Raumtheil Sauerstoff ist als der gleich grosse Raumtheil Wasserstoff und findet, dass ersterer 16 mal schwerer ist als letzterer, so weiss man auch, dass ein Molecül Sauerstoff 16 mal schwerer ist als ein Molecül Wasserstoff, denn wenn n Molecüle Sauerstoff 16 mal schwerer sind als n Molecüle Wasserstoff (in beiden Raumtheilen sind ja nach Avogadro's Satz gleichviel Molecüle enthalten), so muss auch jedes einzelne dieser n Molecüle Sauerstoff 16 mal schwerer sein als jedes einzelne jener n Molecüle Wasserstoff. Wie die spezifischen Gewichtszahlen relativ sind, so sind es selbstverständlich demnach auch die Moleculargewichtszahlen und es ist daher nöthig eine Einheit zu wählen, um bestimmte Zahlenwerthe zu erhalten, denn für unsere späteren Betrachtungen ist es uns nicht bequem, uns damit zu begnügen, dass wir sagen, das Molecül Sauerstoff ist 16 mal schwerer als dasjenige des Wasserstoffs, sondern wir nennen eine Zahl das Moleculargewicht des Wasserstoffs und die 16 mal grössere das Moleculargewicht des Sauerstoffs. Man könnte als Einheit dieselbe Grösse wählen, welche man bei der Feststellung der spezifischen Gewichtszahlen benutzt, würde damit jedoch so wenig übersichtliche Zahlen erhalten, dass man übereingekommen ist, das Moleculargewicht des Wasserstoffs = 2 als Ausgangspunkt zu nehmen. Hiernach würden sich die Moleculargewichte der vier folgenden

Körper in nachstehender Weise berechnen lassen. Das spezifische Gewicht von Wasserstoff = 0,0691
Sauerstoff = 1,1056
Stickstoff = 0,9713
Chlor = 2,4502.

Da die Moleculargewichte der gasförmigen Körper in demselben Verhältniss zu einander stehen wie die spezifischen Gewichte, und 2 als das Moleculargewicht des Wasserstoffs angenommen wird, so bestehen die folgenden Proportionen:

$$0,0691 : 1,1056 = 2 : x$$
$$0,0691 : 0,9713 = 2 : y$$
$$0,0691 : 2,4502 = 2 : z,$$

wo x, y und z die Moleculargewichte des Sauerstoffs, Stickstoffs und des Chlors bedeuten; diese sind nun folgende:

$$x = \frac{2}{0,0691} . 1,1056$$
$$y = \frac{2}{0,0691} . 0,9713$$
$$z = \frac{2}{0,0691} . 2,4502.$$

Der Factor $\frac{2}{0,0691}$, mit welchem also die spezifischen Gewichte multiplicirt werden sollen, um die Moleculargewichtszahlen zu erhalten, ist constant und gleich 28,943; wir können demnach den allgemeinen Satz aufstellen: Durch Multiplication der auf athmosphärische Luft als Einheit bezogenen spezifischen Gewichtszahlen der vollkommenen Gase mit 28,943 werden die Moleculargewichtszahlen derselben erhalten, wenn die Zahl 2 für das Moleculargewicht des Wasserstoffs angenommen wird.

Auf diese Weise sind die Moleculargewichte der folgenden Körper bestimmt.

Namen der Gase.	Spezif. Gewicht.	Molecular-gewicht.	Aequiva-lentgew.	Zeichen für die Aequi-valentgew.	Zeichen für die Molecu-largew.
Wasserstoff	0,0691	2	1	H	H_2;
Sauerstoff	1,1056	32	8	O	O_4;
Stickstoff	0,9713	28	14	N	N_2;
Chlor	2,4502	71	35,5	Cl	Cl_2;
Brom	5,5290	160	80	Br	Br_2;
Schwefel	2,2160	64	16	S	S_4;

Namen der Gase.	Spezif. Gewicht.	Molecular-gewicht.	Aequiva-lentgew.	Zeichen für die Aequi-valentgew.	Zeichen für die Molecu-largew.
Arsen	10,388	300	75	As	As_4;
Phosphor	4,294	124	31	P	P_4;
Quecksilber	6,925	200	100	Hg	Hg_2;
Kadmium	3,878	112	56	Cd	Cd_2;
Stickstoffoxyd	1,0384	30	—	—	—
Kohlenoxyd	0,9673	28	—	—	—
Kohlensäure	1,5201	44	—	—	—
Wasser	0,6219	18	—	—	—
Stickstoffoxydul	1,5201	44	—	—	—
Chlorwasserstoff	1,2596	36,5	—	—	—
Schweflige Säure	2,2210	64	—	—	—
Schwefelwasserstoff	1,1747	34	—	—	—
Schwefelkohlenstoff	2,6258	74	—	—	—
Ammoniak	0,5894	17	—	—	—
Phosphorchlorür	4,7510	137,5	—	—	—
Arsenchlorür	6.272	181,5	—	—	—
Zinnchlorid	8,970	260	—	—	—

Für die in dieser Tabelle aufgeführten flüssigen Körper bezieht sich das spezifische Gewicht auf den Dampf derselben im vollkommenen Gaszustand.

Bei den Elementen sind die Aequivalentgewichtszahlen und eine Bezeichnung der Molecüle mit Hülfe der für die Aequivalentgewichte gebräuchlichen Symbole beigesetzt worden, wodurch die einfache Beziehung hervortritt, in welcher diese beiden Arten von Grössen zu einander stehen. Es ist die grosse Einfachheit dieser Beziehung eine wesentliche Stütze für die Richtigkeit der angestellten Betrachtungen, da sie uns zeigt, dass wir auf zwei ihrem Prinzip nach durchaus verschiedenen Wegen zu demselben Resultate gelangen, dass nämlich kleine Massetheilchen existiren, welche gewissermaassen als die Angriffspunkte der chemischen Kräfte zu betrachten sind. Wenn wir auf diesen beiden Wegen nicht zu denselben Zahlen bezüglich des relativen Gewichtes dieser kleinen Massetheilchen gekommen sind, so hat das seinen Grund in der, in der Einleitung zur organischen Chemie hervorgehobenen Unvollständigkeit der zuerst angewandten Methode.

Nach dem beschriebenen Verfahren lässt sich mithin das Moleculargewicht aller derjenigen Körper bestimmen, welche im vollkommenen Gaszustand existiren können; zur Kenntniss der Moleculargewichte der anderen Körper gelangen wir auf einem ande-

ren Wege, dessen Beschreibung übrigens späteren Kapiteln vorbehalten bleiben muss. Zunächst wollen wir uns mit den Moleculargewichten der gasförmigen Körper begnügen, welche uns als eine sehr sichere Grundlage dienen; vor Allem zur

Bestimmung der Atomgewichte der Elemente.

Die in dem vorletzten Kapitel gegebene Definition der Atome lehrt uns den Weg kennen, den wir zu betreten haben, um zu erfahren, in wie viele Atome ein Molecül zerlegt werden kann. Sie zeigt uns, dass wir nach der möglich kleinsten Menge eines Elementes zu suchen haben, welche in einer chemischen Verbindung und zwar im Molecül derselben enthalten sein kann; denn die chemischen Reactionen, welche zur Zerlegung eines Molecüls in seine Atome führen, gehen stets zwischen einzelnen Molecülen selbst vor sich, und da wir die Moleculargewichte vieler Verbindungen kennen, so haben wir nur die kleinste Gewichtsmenge eines Elementes zu suchen, die im Molecül einer seiner Verbindungen vorkommt, um direct die Atomgewichtszahlen zu erhalten. Aus den Erörterungen über den Beweis der Existenz der Atome geht hervor, dass wir auch auf eine etwas andere Art und Weise bestimmen können, aus wie viel Atomen das Molecül eines Elementes besteht. Wir haben nämlich nur zu ermitteln, auf wie viel Raumtheile sich ein Raumtheil eines elementaren Gases ausdehnt, wenn es sich mit einem andern direct vereinigt.*) Wenn sich z. B. n Molecüle Wasserstoff bei der Bildung des Chlorwasserstoffs aus Chlor und Wasserstoff auf 2n Molecüle Chlorwasserstoff vertheilen, so hat eine Spaltung jedes Wasserstoffmolecüls in zwei gleiche Theile stattgefunden, und da diese Theile in der neu entstandenen Verbindung enthalten sind, so nennt man sie Atome. Dieser Versuch zeigt also, dass ein Molecül Wasserstoff aus zwei Atomen besteht, dass folglich das Atomgewicht des Wasserstoffs halb so gross ist als sein Moleculargewicht, also gleich 1. Würde eine Zersetzung des Wasserstoffmolecüls bekannt, bei welcher dasselbe in mehr als zwei Theile zerfiele, so würde dem entsprechend auch das Atomgewicht kleiner zu nehmen sein; so lange man jedoch die Spaltung des Wasserstoffmolecüls in zwei Theile als die äusserste Spaltbarkeit kennt, muss man das Atomgewicht des Wasserstoffs gleich 1 annehmen. Dieser Weg der Bestimmung

*) Der Ausdruck „direct vereinigt" ist, wenn auch allgemein gebräuchlich, falsch, denn nach den eben angezogenen Betrachtungen findet selbst zwischen elementaren Gasen immer eine Zersetzung der Molecüle statt (siehe pag. 302).

des Atomgewichtes aus der Theilbarkeit der Molecüle, wird nur in wenigen Fällen zu benutzen sein, da es doch nur eine geringe Anzahl von Elementen giebt, deren Zersetzung im Gaszustande sich in der beschriebenen Weise vornehmen und beobachten lässt.

Die einfachere Methode, welche gleichzeitig eine ausgedehntere Anwendung finden kann, ist die Bestimmung der Zusammensetzung von Verbindungen, deren Moleculargewicht bekannt ist, indem sich hieraus die möglich kleinste Menge eines Elementes, welche in einer Verbindung vorkommt, ermitteln lässt:

a) Bestimmung des Atomgewichtes des Wasserstoffs. Nicht jede Verbindung des Wasserstoffs eignet sich zur Berechnung des Atomgewichtes des Wasserstoffs, denn nicht in jeder Verbindung ist nur ein Atom dieses Elementes enthalten; wüssten wir jedoch die Zahl der in einer Wasserstoffverbindung enthaltenen Wasserstoffatome, so könnte für diese Betrachtung auch eine solche Verbindung benutzt werden, welche mehr als 1 Atom Wasserstoff enthält. Da wir jedoch von keiner weiteren Voraussetzung als der der Kenntniss des Moleculargewichtes und der procentischen Zusammensetzung der betr. Verbindung ausgehen, so müssen wir eben von den bekannten Wasserstoffverbindungen diejenige herausgreifen, welche im Molecül dem Gewichte nach am wenigsten Wasserstoff enthält.

α) Das Ammoniak hat nach pag. 307 das Moleculargewicht 17 und enthält in diesen 17 Theilen 14 Theile Stickstoff und 3 Theile Wasserstoff, was sich aus der procentischen Zusammensetzung des Ammoniaks nach folgenden Proportionen ergiebt:

$100 : 82{,}35 = 17 : x;\ x = 14$ gleich der im Molecül enthaltenen Menge Stickstoff;

$100 : 17{,}65 = 17 : y;\ y = 3$ gleich der im Molecül enthaltenen Menge Wasserstoff.

β) Das Wasser hat nach pag. 307 das Moleculargewicht 18 und enthält in diesen 18 Theilen 16 Theile Sauerstoff und 2 Theile Wasserstoff, also eine kleinere Menge Wasserstoff als das Ammoniak, welche sich nach einer analogen Proportion, wie oben berechnen lässt.

γ) Der Chlorwasserstoff hat nach pag. 307 das Moleculargewicht 36,5 und enthält in diesen 36,5 Theilen 35,5 Theile Chlor und 1 Theil Wasserstoff; es ist also im Molecül des Chlorwasserstoffs nur ein Drittel der im Molecül Ammoniak enthaltenen Menge Wasserstoff enthalten und genau halb soviel als im Molecül Wasser, überhaupt die kleinste Menge von Wasserstoff, die im Molecül einer

Wasserstoffverbindung vorkommt. **Wir haben daher 1 als das Atomgewicht des Wasserstoffs anzusehen.**

b) **Bestimmung des Atomgewichtes des Sauerstoffs.** Die Bildung des Wassers aus Wasserstoff und Sauerstoff zeigt, dass das Molecül Sauerstoff aus zwei Atomen besteht, dass demnach das Atomgewicht des Sauerstoffs halb so gross ist als das Moleculargewicht desselben, also gleich 16. Die Zusammensetzung der einfachen Sauerstoffverbindungen zeigt, dass nie weniger als 16 Theile Sauerstoff in einem Molecül enthalten sind; so ist das angeführte Beispiel mit dem Wasser ein Beleg hierfür, wie aus obiger Angabe von dessen Zusammensetzung hervorgeht; aber auch andere Verbindungen, wie z. B. das Kohlenoxyd, enthalten im Molecül nicht weniger als 16 Theile Sauerstoff. Das Moleculargewicht des Kohlenoxyds ist nach pag. 307 28, und diese 28 Theile Kohlenoxyd enthalten 12 Theile Kohlenstoff und 16 Theile Sauerstoff. **Wir haben demnach 16 als das Atomgewicht des Sauerstoffs anzusehen.**

c) Wir wollen der Kürze halber die noch zu erwähnenden Beispiele in Form einer Tabelle gruppiren. Die erste Columne enthält die Namen der Elemente, deren Atomgewicht bestimmt werden soll; die zweite Columne die Moleculargewichte und Namen der Verbindungen, deren Zusammensetzung man zur Berechnung benutzt, die dritte Columne die Zusammensetzung des Molecüls dieser Verbindung und die vierte Columne das berechnete Atomgewicht.

Stickstoff	Stickstoffoxydul; 44	28 Thle. Stickstoff u. 16 Thle. Sauerstoff	14
„	Stickstoffoxyd; 30	14 Thle. Stickstoff u. 16 Thle. Sauerstoff	
Schwefel	Schweflige Säure; 64	32 Thle. Schwefel u. 32 Thle. Sauerstoff	32
„	Schwefelkohlenstoff; 76	64 Thle. Schwefel u. 12 Thle. Kohlenstoff	
„	Schwefelwasserstoff; 34	32 Thle. Schwefel u. 2 Thle. Wasserstoff	

Kohlenstoff	Kohlensäure; 44	12 Thle. Kohlenstoff u. 32 Thle. Sauerstoff	12
„	Chlorkohlenstoff (flüssig); 154	12 Thle. Kohlenstoff u. 142 Thle. Chlor.	
„	Sumpfgas; 16	12 Thle. Kohlenstoff u. 4 Thle. Wasserstoff	
„	Aethylen; 28	24 Thle. Kohlenstoff u. 4 Thle. Wasserstoff	
„	Propylen; 40	36 Thle. Kohlenstoff u. 4 Thle. Wasserstoff.	
Silicium	Chlorsilicium; 99,4	28,4 Thle. Silicium u. 71 Thle. Chlor	28,4
Phosphor	Chlorphosphor; 137,5	31 Thle. Phosphor u. 106,5 Thle. Chlor	31
„	Phosphoroxychlorid; 153,5	31 Thle. Phosphor, 16 Thle. Sauerstoff u. 106,5 Thle. Chlor	
Arsen	Chlorarsen; 181,5	75 Thle. Arsen und 106,5 Thle. Chlor	75
„	Arsenigsäureanhydrid; 198	150 Thle. Arsen u. 48 Thle. Sauerstoff	
Quecksilber	Calomel; 471	400 Thle. Quecksilber und 71 Thle. Chlor	200
„	Sublimat; 271	200 Thle. Quecksilber und 71 Thle. Chlor	
Zink	Zinkäthyl; 123	65 Thle. Zink, 48 Thle. Kohlenstoff u. 10 Thle. Wasserstoff	65
Chlor	Chlorwasserstoff; 36,5	35,5 Thle. Chlor u. 1 Thl. Wasserstoff.	35,5

Nach den Erörterungen bezüglich der Atomgewichte des Wasserstoffs und Sauerstoffs kann diese Tabelle nicht missverstanden werden. Es lassen sich nun nach der beschriebenen Methode noch die Atomgewichte einer Reihe von Elementen feststellen, nämlich aller derjenigen Elemente, welche irgend eine Verbindung

bilden, die im vollkommenen Gaszustande erhalten werden, deren Moleculargewicht also aus dem spezifischen Gewicht in diesem Zustande ermittelt werden kann. Allerdings sind die Atomgewichte derjenigen Elemente, welche nur eine solche Verbindung bilden können, nicht so sicher bestimmt, weil man nicht sicher weiss, ob die im Molecül dieser Verbindung enthaltene Menge des Elementes auch wirklich die kleinste Menge desselben ist, die in einem Molecül überhaupt vorkommen kann. Aber wie man auch noch andere Methoden hat, um die Moleculargewichte zu bestimmen, so kann man auch auf ganz anderen Wegen zur Kenntniss der richtigen Atomgewichte gelangen.

Auf die Beziehung der Moleculargewichtszahlen zu den in der ersten Abtheilung gebrauchten Aequivalentgewichtszahlen ist schon pag. 306 aufmerksam gemacht worden; es liegt nun auf der Hand, dass die nunmehr gefundenen Atomgewichtszahlen, da sich dieselben aus den Moleculargewichten ableiten, eine ähnliche Beziehung zu den Aequivalentgewichtszahlen zeigen.

Man hat daher eine der früheren analoge Bezeichnung für die durch die Atomgewichtszahlen repräsentirten Gewichtsmengen der Elemente, also für die Atome, gewählt, und zwar bedient man sich hierzu der durchstrichenen Zeichen; allerdings nur dann, wenn Atomgewicht und Aequivalentgewicht verschieden sind; so bezeichnet man mit O ein Aequivalent Sauerstoff und mit Θ ein Atom desselben Elementes, während H gleichzeitig Aequivalent und Atom bezeichnet. Zur Uebersicht wollen wir in einer Tabelle die bis jetzt gefundenen Atomgewichte und die schon lange bekannten Aequivalentgewichte mit ihren jeweiligen Symbolen zusammenstellen.

Namen.	Aequivalentgewicht.	Atomgewicht.	Aequivalentzeichen.	Atomzeichen.
Wasserstoff	1	1	H	H
Sauerstoff	8	16	O	Θ
Stickstoff	14	14	N	N
Schwefel	16	32	S	S
Kohlenstoff	6	12	C	Ȼ
Silicium	14,2	28,4	Si	Ꞩi
Phosphor	31	31	P	P
Arsen	75	75	As	As
Quecksilber	100	200	Hg	Ħg
Zink	32,5	65	Zn	Ƶn
Chlor	35,5	35,5	Cl	Cl

Die Bedeutung der durchstrichenen Buchstaben ist leicht verständlich. Aus dieser kleinen Zusammenstellung ist aber noch weiter ersichtlich, dass Aequivalent und Atom nicht bei allen Elementen verschieden sind, und dass sie da, wo sie es sind, in der einfachen Beziehung wie 1 : 2 zu einander stehen. Ein Atom ist also entweder gleich einem Aequivalent oder doppelt so gross als dasselbe.

Wie wir nun mit Hülfe der Aequivalentzeichen zu höchst einfachen Formeln für die chemischen Verbindungen gelangt sind, so werden wir auch unter Anwendung der Atomzeichen Formeln entwickeln können, welche eine dem Unterschied zwischen Aequivalent und Atom entsprechende Verschiedenheit von den Aequivalentformeln zeigen. Dies sei nur bemerkt, um die Bedeutung der atomistischen Zeichen verständlich zu machen; wir werden in dem nächsten Kapitel auf die Entwicklung atomistischer Formeln und dazu Gehöriges noch näher eingehen.

Atomistische Molecularformeln.

Das Moleculargewicht einer Verbindung ist gleich der Summe der Atomgewichte ihrer Bestandtheile, folglich ist eine Molecularformel eine solche Formel, welche nicht nur die Qualität und das Verhältniss der Mengen, sondern auch die absolute Anzahl der Atome angiebt, welche in einem Molecül enthalten sind. Atomistisch ist eine Formel, wenn darin die Atomzeichen mit ihrer spezifischen Bedeutung gebraucht sind.

Mit Hülfe der auf pag. 312 mitgetheilten Atomgewichtszeichen können wir nun leicht einige atomistische Formeln entwickeln und wenn wir weiter noch das Moleculargewicht der Verbindung berücksichtigen, so kommen wir zu atomistischen Molecularformeln.

Das Wasser enthält dem Gewichte nach 8 mal so viel Sauerstoff, als Wasserstoff, und da ein Atom Sauerstoff 16 mal schwerer als ein Atom Wasserstoff ist, so muss das Verhältniss der Atomanzahlen von Sauerstoff und Wasserstoff gleich 1 : 2 sein, also wird je 1 Atom Sauerstoff mit 2 Atomen Wasserstoff verbunden sein. Ob nun in einem Molecül Wasser nur 1 Atom Sauerstoff und 2 Atome Wasserstoff oder die doppelte, dreifache oder mehrfache Anzahl enthalten sind, kann nur entschieden werden, wenn das Moleculargewicht des Wassers zu Rathe gezogen wird. Wie sich aus dem spezifischen Gewicht des Wassers im vollkommenen Gaszustand ergiebt, ist dasselbe gleich 18; es muss also auch die Summe der Atomgewichte seiner Bestandtheile gleich 18 sein. Die Formel

$H_2\Theta$ entspricht dieser Bedingung, denn $(H_2 = 2) + (\Theta = 16) = 18$. Das Molecül Wasser enthält demnach 2 Atome Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff, und die Formel $H_2\Theta$ ist also die atomistische Molecularformel des Wassers.

Das Stickstoffoxydul enthält Stickstoff und Sauerstoff im Gewichtsverhältniss von 14 : 8, und da 16 das Atomgewicht des Sauerstoffs und 14 das des Stickstoffs ist, so wird je 1 Atom Sauerstoff mit 2 Atomen Stickstoff verbunden sein, denn dieses Atomenverhältniss entspricht dem Gewichtsverhältniss 28 : 16; ob aber das Molecül Stickstoffoxydul wirklich nur 1 Atom Sauerstoff und 2 Atome Stickstoff enthält, kann erst bestimmt werden, wenn das Moleculargewicht des Stickstoffoxyduls berücksichtigt wird. Dasselbe ist gleich 44, und es muss daher die Summe der Atomgewichte der Bestandtheile eines Molecüls Stickstoffoxydul gleich 44 sein. Die Formel $N_2\Theta$ entspricht dieser Bedingung, denn $(N_2 = 28) + (\Theta = 16) = 44$. Folglich ist $N_2\Theta$ die atomistische Molecularformel des Stickstoffoxyduls.

Das Aethylen besteht aus Kohlenstoff und Wasserstoff, und die Gewichtsmengen der beiden Bestandtheile stehen im Verhältniss wie 6 : 1. Da 12 das Atomgewicht des Kohlenstoffs ist, so wird je 1 Atom Kohlenstoff mit 2 Atomen Wasserstoff verbunden sein, und die Formel für eine solche Verbindung wäre CH_2; diese Verbindung hätte das Moleculargewicht 14, da jedoch der Versuch ergiebt, dass das Moleculargewicht des Aethylengases gleich 28, also doppelt so gross ist, so müssen wir auch die Formel verdoppeln und C_2H_4 schreiben, denn eine Verbindung von dieser Formel hat das Moleculargewicht 28.

Wir wollen der Kürze halber die noch zu betrachtenden Beispiele in Form einer Tabelle gruppiren. Die erste Columne enthält die Namen der Verbindungen, deren atomistische Formel festgestellt werden soll, die zweite enthält die Namen der Bestandtheile und die relativen Gewichtsmengen, die dritte das Verhältniss der Atomanzahlen, welche mit Hülfe der Atomgewichte aus den Zahlen der zweiten Columne berechnet sind, die vierte enthält das Moleculargewicht der Verbindung, wie es sich aus dem spezifischen Gewichte der Verbindung im vollkommenen Gaszustand ergiebt, und die fünfte enthält die atomistische Molecularformel.

I.	II.		III.	IV.	V.
Schwefelwasserstoff	Schwefel 16	Wasserstoff 1	1 : 2	34	H_2S
Kohlenoxyd	Kohlenstoff 6	Sauerstoff 8	1 : 1	28	$C\Theta$
Kohlensäure	Kohlenstoff 6	Sauerstoff 16	1 : 2	44	$C\Theta_2$
Schweflige Säure	Schwefel 16	Sauerstoff 16	1 : 2	64	$S\Theta_2$
Arsenigsäureanhydrid	Arsen 75	Sauerstoff 24	2 : 3	198	$As_2\Theta_3$

Auf diese Weise lassen sich die atomistischen Formeln aller derjenigen Verbindungen berechnen, deren Moleculargewicht bekannt ist und welche nur solche Bestandtheile enthalten, deren Atomgewicht bekannt ist.*)

Die Formeln aller anderen Verbindungen werden bestimmt nach den chemischen und physikalischen Analogien, welche dieselben mit Verbindungen von bekannter atomistischer Molecularformel zeigen.

Feststellung der chemischen Formeln solcher Verbindungen, deren Moleculargewicht unbekannt ist.

Mit Leichtigkeit lassen sich aus den Aequivalentformeln der Verbindungen atomistische Formeln berechnen und bleibt dann nur die Unsicherheit bezüglich des Moleculargewichtes; es bleibt also zunächst fraglich, ob wir unmittelbar die durch Umrechnung aus den Aequivalentformeln mit Hülfe der bekannten Atomgewichte gefundenen Formeln oder deren Multipla anzunehmen haben. Man hat nun Mittel gefunden, die vorherige Kenntniss des Moleculargewichtes der betreffenden Verbindung in manchen Fällen umgehen zu können, es ist aber hier noch nicht der Ort, wo wir diese besprechen können, sondern wir werden später darauf zurückkommen. Es bleibt also bei den nun zu erörternden Betrachtungen eine Lücke, die überhaupt nur in einigen Fällen durch die angedeuteten Hülfsmittel ausgefüllt werden kann. Während die Formeln der auf pag. 314 angeführten Verbindungen als eine unbedingte Folge der früheren Betrachtungen sich ergaben, besitzen die nun anzuführenden zwar einen sehr hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, aber nur in wenigen Fällen, bezüglich der ganzen Grundlage der heutigen Chemie, Gewissheit.

Die Atomgewichte der Metalloide sind sämmtlich mit Sicherheit ermittelt; die wichtigsten sind verzeichnet in der auf pag. 312

*) Dass bei diesen Rechnungen stets eine Formel der Verbindung zu Stande kommen muss, welche nur ganze Atomzahlen enthält, versteht sich wohl von selbst und wird leicht eingesehen werden, wenn wir darauf aufmerksam machen, dass die Atomgewichte der Elemente aus den Moleculargewichten ihrer Verbindungen abgeleitet wurden, dass demnach überhaupt keine Verbindung existiren kann, welche halbe Atome im Molecül enthält. Hätte man z. B. das Atomgewicht irgend eines Körpers bestimmt und fände später noch eine andere Verbindung, welche im Molecül nur einen Bruchtheil des Atoms unter der Voraussetzung des erstgefundenen Atomgewichtes enthielte, so wäre man gezwungen, das angenommene Atomgewicht aufzugeben und die durch dasselbe dargestellte Masse als einen Complex von mehreren Atomen des neu berechneten Gewichtes anzusehen.

befindlichen Tabelle. Bei einzelnen Elementen weichen die Atomgewichte von den Aequivalentgewichten ab, sind doppelt so gross, bei anderen nicht. Mit Berücksichtigung dieser Abweichungen kommen wir zu folgenden Formeln der Verbindungen der Metalloide unter sich:

Namen der Verbindung.	Aequivalentformel.	Atomistische Formel.	Gewichtsmenge repräsentirt durch die	
			Aequivalentformel.	Atomistische Formel.
Wasser	HO	$H_2\Theta$	9	18
Wasserstoffhyperoxyd	HO_2	$H_2\Theta_2$	17	34
Ammoniak	NH_3	NH_3	17	17
Salpetersäure	NO_5HO	$N\Theta_3H$	63	63
Untersalpetersäure	NO_4	$N\Theta_2$	46	46
Salpetrigsäureanhydrid	NO_3	$N_2\Theta_3$	38	76
Stickstoffoxyd	NO_2	$N\Theta$	30	30
Stickstoffoxydul	NO	$N_2\Theta$	22	44
Schwefelwasserstoff	HS	H_2S	17	34
Schweflige Säure	SO_2	$S\Theta_2$	32	64
Schwefelsäure	SO_3HO	$S\Theta_4H_2$	49	98
Schwefelsäureanhydrid	SO_3	$S\Theta_3$	40	80
Chlorwasserstoff	HCl	HCl	36,5	36,5
Bromwasserstoff	HBr	HBr	81	81
Jodwasserstoff	HJ	HJ	128	128
Fluorwasserstoff	HFl	HFl	20	20
Jodsäureanhydrid	JO_5	$J_2\Theta_5$	167	334
Chlorsäure	ClO_5HO	$Cl\Theta_3H$	84,5	84,5
Unterchlorige Säure	$ClOHO$	$Cl\Theta H$	52,5	52,5
Gew. Phosphorsäure	PO_53HO	$P\Theta_4H_3$	98	98
Pyrophosphorsäure	PO_52HO	$P_2\Theta_7H_4$	89	178
Metaphosphorsäure	PO_5HO	$P\Theta_3H$	80	80
Schwefelphosphor	PS_5	P_2S_5	111	222
Chlorphosphor	PCl_3	PCl_3	137,5	137,5
Phosphorsuperchlorid	PCl_5	PCl_5	198,5	198,5
Phosphoroxychlorid	PO_2Cl_3	$P\Theta Cl_3$	145,5	145,5
Borsäure	BoO_33HO	$Bo\Theta_3H_3$	62	62
Kieselsäure	SiO_2	$Si\Theta_2$	30,2	60,4
Kieselfluorwasserstoffsäure	$(SiFl_2+HFl)$	$SiFl_6H_2$	72,2	144,4
Kohlenoxyd	CO	$C\Theta$	14	28
Kohlensäure	CO_2	$C\Theta_2$	22	44

Alle diese in der dritten Columne verzeichneten Formeln sind richtige atomistische Formeln, ob sie aber gleichzeitig das Molecül repräsentiren, ist bei den meisten noch unentschieden. So weit die Bestimmung des Moleculargewichtes dieser Verbindungen überhaupt möglich ist, werden wir in einem späteren Kapitel dies näher betrachten.

Feststellung der chemischen Formeln mit Hülfe des Isomorphismus.

Wenn wir in dem letzten Kapitel die chemische Analogie, welche der sicherste Führer bei der Aufstellung der Aequivalentformeln war, auch bei der Aufstellung der atomistischen Formeln benutzten, insofern wir die auf solcher Grundlage entwickelten Aequivalentformeln unmittelbar in die atomistische Schreibweise übersetzten, wollen wir nunmehr die physikalische Analogie, welche isomorphe Körper zeigen, zur Aufstellung einer anderen Reihe von Formeln anwenden.

Aus dem Atomgewicht des Zinks, gleich 65, ergeben sich als einfachste atomistische Ausdrücke für seine Salze folgende Formeln:

Chlorzink $ZnCl_2$
Schwefelsaures Zinkoxyd $ZnSO_4$
Salpetersaures Zinkoxyd $Zn\,2(NO_3)$
Kohlensaures Zinkoxyd $ZnCO_3$.

Der Isomorphismus des Zinks mit den Metallen Magnesium, Mangan, Kobalt, Nickel, Kadmium und Kupfer (e pag. 215) veranlasst uns, den analogen Verbindungen dieser Metalle ähnliche Formeln zu geben, wie denen der Zinkverbindungen. Die schwefelsauren Salze werden z. B. folgende Formeln erhalten:

Schwefelsaure Magnesia $MgSO_4$
Schwefelsaures Manganoxydul $MnSO_4$
Schwefelsaures Eisenoxydul $FeSO_4$
Schwefelsaures Kobaltoxydul $CoSO_4$
Schwefelsaures Nickeloxydul $NiSO_4$
Schwefelsaures Kadmiumoxyd $CdSO_4$
Schwefelsaures Kupferoxyd $CuSO_4$.

Andererseits führt uns der Isomorphismus des Zinks mit Calcium (d pag. 215) und des Calciums mit Baryum, Strontium und Blei (c pag. 215) zu ähnlichen Formeln für die Verbindungen auch dieser letzteren Metalle und der entsprechenden Zinkverbindungen; wir haben demnach z. B. den schwefelsauren Salzen dieser Metalle folgende Formeln zu geben:

Schwefelsaurer Kalk $CaSO_4$
Schwefelsaurer Baryt $BaSO_4$
Schwefelsaurer Strontian $SrSO_4$
Schwefelsaures Bleioxyd $PbSO_4$.

Nehmen wir die aufgeführte Formel des schwefelsauren Eisenoxyduls an, so müssen wir dem Eisenoxydul die Formel FeO und dem Eisenoxyd die Formel Fe_2O_3 geben; weiter führt uns der Isomorphismus von Eisenoxyd mit Thonerde und Chromoxyd (7 b pag. 213) zu ähnlichen Formeln für diese drei Verbindungen, folglich für Thonerde zu Al_2O_3 und für Chromoxyd zu Cr_2O_3.

Wir schliessen dann weiter aus der Formel Cr_2O_3 für Chromoxyd die Formel des Chromsäureanhydrids CrO_3, welche uns wegen des Isomorphismus der Chromsäure mit Molybdänsäure und Wolframsäure zu den Formeln MoO_3 und WoO_3 für Molybdänsäureanhydrid und Wolframsäureanhydrid führen.

Das Atomgewicht des Zinns gleich 118 führt zur Formel $SnCl_4$ für Zinnchlorid und in Folge des Isomorphismus von Zinn mit Titan (7 c pag. 213) und von Zinn mit Platin (4 b pag. 213) nehmen wir für die entsprechenden Verbindungen dieser drei Metalle analoge Formeln an, z. B.

Zinnchlorid, $SnCl_4$;
Titanchlorid, $TiCl_4$;
Platinchlorid, $PtCl_4$.

Die Analogie der Arsenverbindungen mit den Antimonverbindungen und dieser mit den Wismuthverbindungen führt uns zu analogen atomistischen Formeln für die entsprechenden Verbindungen dieser Elemente. Das Chlorarsen hat die atomistische Formel $AsCl_3$, folglich ist Chlorantimon $SbCl_3$ und Chlorwismuth $BiCl_3$.

Wir haben somit Anhaltspunkte für die Aufstellung atomistischer Formeln der Verbindungen fast aller Metalle. Die hier nicht genannten seltenen Metalle reihen sich bezüglich dieser Betrachtungen denjenigen Metallen an, mit denen sie ihrem chemischen Charakter nach in eine Gruppe gehören. Es erübrigen daher nur noch die Alkalimetalle und Gold und Silber, für welche eine Abweichung der Formeln ihrer Verbindungen von den früher gebrauchten, also den Aequivalentenformeln, nur in so weit nothwendig erscheint, als es der mit dem Metall verbundene Theil der Verbindung verlangt.

Wir werden in einem späteren Kapitel noch weiter sehen, dass es auch positive Anhaltspunkte dafür giebt, die Formeln der Verbindungen dieser Metalle beizubehalten, da die Atomgewichte derselben, von welchen die Formeln ihrer Verbindungen doch wesentlich abhängig sind, sich als gleich den Aequivalentgewichten herausstellen werden.

Berechnung der Atomgewichte der Metalle aus den Formeln ihrer Verbindungen.

Es ist nicht schwierig das Atomgewicht eines Elementes zu berechnen, wenn man die atomistische Formel irgend einer seiner Verbindungen kennt. Man hat hierzu nicht nöthig, das Moleculargewicht der Verbindung zu kennen und es braucht daher die angewandte Formel keine Molecularformel zu sein.

Die in den vorherigen Kapiteln aufgeführten Formeln von Metallverbindungen sind nur atomistische Formeln und es ist ausdrücklich gesagt worden, dass es zunächst unentschieden bleibe, ob durch sie gleichzeitig die Molecüle bezeichnet werden; es fehlt bei den durch diese Formeln repräsentirten Verbindungen meist die Möglichkeit, das Moleculargewicht überhaupt zu bestimmen, da man dieselben nicht in Dampf verwandeln kann, weshalb man das spezifische Gewicht derselben im vollkommenen Gaszustand, woraus sich das Moleculargewicht wie bekannt, berechnen liesse, nicht nehmen kann.

Es giebt zwar eine Reihe von Metallverbindungen, deren Moleculargewicht man bestimmen kann, aber daraus lassen sich noch nicht die Moleculargewichte der anderen Verbindungen desselben Metalls ermitteln.

Für unseren jetzigen Zweck ist die Kenntniss des Moleculargewichts durchaus unnöthig, da wir nur zu wissen brauchen, in welchem Verhältniss die Atomanzahlen der einzelnen Bestandtheile im Molecül der Verbindung zu einander stehen; dieses Verhältniss giebt uns die atomistische Formel, da sie ja höchstens verdoppelt oder vervielfacht (aber nie halbirt oder veranderthalbfacht etc.) zu werden braucht, um in die Molecularformel überzugehen, weshalb das Atomanzahlenverhältniss in der atomistischen Formel dasselbe ist, wie in der atomistischen Molecularformel.

Wir wollen bei der folgenden Betrachtung diejenigen Formeln benutzen, welche wir im vorherigen Kapitel mitgetheilt haben.

Schwefelsaure Magnesia hat die Formel $MgS\Theta_4$; d. h. auf je 1 Atom Magnesium (denn Mg repräsentirt ein Atom Magnesium genau wie Zn ein Atom Zink vorstellt) sind 1 Atom Schwefel und 4 Atome Sauerstoff in der Verbindung enthalten, folglich stellt dieses eine Atom Magnesium 24 Gewichtstheile dar, denn mit der durch ein Atom Schwefel ausgedrückten Gewichtsmenge = 32 plus der durch 4 Atome Sauerstoff ausgedrückten = 64 Gewichtstheilen sind 24 Gewichtstheile Magnesium verbunden und diese Menge nennt man das Atom. Man findet diese Zahl höchst einfach, wenn man die Proportion $(100-a) : a = (32 + 64) : x$ ansetzt, wo a die Procente Magnesium in der Verbindung und x das Atomgewicht des Magnesiums darstellt. Im Allgemeinen wird man diese Proportion

anwenden können, wenn man aus der Formel eines der pag. 317 genannten schwefelsauren Salze das Atomgewicht des Metalls berechnen will; a ist dann immer die Procentmenge des Metalls in den betreffenden Salzen.

Hätten wir die Formel der schwefelsauren Magnesia geschrieben $(Mg'_2)SO_4$ [(Mg') sei das etwas abgeänderte Zeichen für das Atom Magnesium in der Voraussetzung, dass dies die Formel der schwefelsauren Magnesia sei], so müssten wir sagen, mit $SO_4 = 96$ Gewichtstheilen (sich zusammensetzend aus $S = 32$ plus $O_4 = 4 . 16 = 64$) sind zwei Atome Magnesium verbunden, folglich sind 24 Gewichtstheile Magnesium gleich 2 Atome. Das Atomgewicht des Magnesiums wäre dann gleich $\frac{24}{2} = 12$ und das Zeichen hiefür (Mg'); es fiele dann gleichzeitig das Atomgewicht mit dem Aequivalentgewicht zusammen.

Diese Betrachtung sei nur hier eingefügt, um den Beweis zu liefern, dass das Atomgewicht eines Elementes sich mit der Formel seiner Verbindung verändern muss.

Nach dem Gesagten ist es klar, wie man die Formel einer Verbindung zur Bestimmung des Atomgewichtes eines Bestandtheiles benutzen kann. Wir wollen zum Ueberfluss eine allgemeine Formel aufstellen, welche bei der Berechnung benutzt werden kann.

Die procentische Zusammensetzung der betreffenden Verbindung muss bekannt sein und diese kann ja durch einen Versuch bestimmt werden. Der Procentgehalt der Verbindung an dem betreffenden Bestandtheil, dessen Atomgewicht man bestimmen will, sei a; die Summe der Atomgewichte aller übrigen Bestandtheile sei b; dann gilt die Gleichung:

$$(100 - a) : a = b : nx; \text{ oder } x = \frac{a. b.}{(100-a) n}$$

wo x das gesuchte Atomgewicht und n die Anzahl der Atome des betreffenden Bestandtheils in der Formel darstellt.

Bei dem speziellen Fall der Atomgewichtsbestimmung des Nickels aus der Formel des schwefelsauren Nickeloxyduls, $NiSO_4$, ist $a = 37,66$, $b = 96$ $((S = 32) + (4O = 64))$, $n = 1$; setzt man diese Werthe in obige Formel ein, so erhält man:

$$x = \frac{37,66 . 96}{(100-37,66) 1}; \; x = 58.$$

Hiernach wäre das Atomgewicht des Nickels 58.

Um das Atomgewicht des Chroms zu berechnen, können wir die Formel des Chromoxyds, Cr_2O_3, benutzen; für diesen Fall ist $a = 68,42$, $b = 48$ $(O_3 = 48)$ und $n = 2$ (denn es sind 2 Atome Chrom in der Verbindung enthalten); folglich ist

$$x = \frac{68,42 . 48}{(100-68,42) 2}; \; x = 52.$$

Da die speziellen Werthe a, b und n für jeden speziellen Fall leicht zu bestimmen sind, so hat die ganze Berechnung keine Schwierigkeit.

Wir können uns hier nicht darauf einlassen, die Methoden genauer zu beschreiben, welche man anwendet, um die procentische Zusammensetzung festzustellen, sondern wollen nur bemerken, dass von der Genauigkeit dieses Versuchs auch die Genauigkeit der Atomgewichtszahlen abhängt.

Nach den Erörterungen dieses Kapitels ist das auf pag. 217 und 218 Gesagte völlig verständlich, denn das Gleiche, was bezüglich der Atomgewichtsbestimmung mit Hülfe der atomistischen Formeln gilt, gilt auch für die Aequivalentgewichtsbestimmung aus den Aequivalentformeln. Ebenso werden auch die früher in der Einleitung zur anorganischen Chemie angestellten Betrachtungen zum grössten Theil nun vollständig verständlich sein und es bleibt nichts mehr unerklärt. Wenn z. B. pag. 15 gesagt ist, dass es noch einer näheren Begründung bedürfe, warum man bei der Berechnung der multiplen Proportionen der Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs von der Zahl 14 für Stickstoff ausgeht, so ist das nach den letzten Betrachtungen leicht erklärlich, wenn man nur bedenkt, dass alles was über die atomistischen Formeln und über die Atomgewichte gesagt worden ist, auch für Aequivalentformeln und Aequivalentgewichte gilt.

Tabelle über Molecular-, Atom- und Aequivalentgewichte.

Nach den verschiedenen nun ausführlich beschriebenen Methoden sind die in nachstehender Tabelle verzeichneten Molecular- und Atomgewichte gefunden; die Aequivalentgewichte sind zum Vergleich daneben gesetzt.

Namen der Elemente.	Atom-gewicht.	Molecular-gewicht.	Aequivalent-gewicht.	Atom-zeichen.	Molecül-zeichen.	Aequivalent-zeichen.
Wasserstoff	1	2	1	H	H_2	H
Sauerstoff	16	32	8	Θ	Θ_2	O
Stickstoff	14	28	14	N	N_2	N
Schwefel	32	64	16	Ꞩ	Ꞩ$_2$	S

Namen der Elemente.	Atom-gewicht.	Molecular-gewicht.	Aequivalent-gewicht.	Atom-zeichen.	Molecül-zeichen.	Aequivalent-zeichen.
Chlor	35,5	71	35,5	Cl	Cl_2	Cl
Brom	80	160	80	Br	Br_2	Br
Jod	127	254	127	J	J_2	J
Fluor	19	—	19	Fl	—	Fl
Phosphor	31	124	31	P	P_4	P
Bor	11	—	11	Bo	—	Bo
Silicium	28,4	—	14,2	Si	—	Si
Kohlenstoff	12	—	6	C	—	C
Arsen	75	300	75	As	As_4	As
Antimon	120,3	—	120,3	Sb	—	Sb
Kalium	39,1	—	39,1	K	—	K
Natrium	23	—	23	Na	—	Na
Lithium	7	—	7	Li	—	Li
Cäsium	133	—	133	Cs	—	Cs
Rubidium	85,4	—	85,4	Rb	—	Rb
Baryum	137,2	—	68,6	Ba	—	Ba
Strontium	87,6	—	43,8	Sr	—	Sr
Calcium	40	—	20	Ca	—	Ca
Magnesium	24	—	12	Mg	—	Mg
Aluminium	27,2	—	13,6	Al	—	Al
Mangan	54	—	27	Mn	—	Mn
Eisen	56	—	28	Fe	—	Fe
Chrom	52	—	26	Cr	—	Cr
Kobalt	60	—	30	Co	—	Co
Nickel	58	—	29	Ni	—	Ni
Zink	63	—	32,5	Zn	—	Zn
Kadmium	112	112	56	Cd	Cd	Cd
Kupfer	63,4	—	31,7	Cu	—	Cu
Blei	207	—	103,5	Pb	—	Pb
Zinn	118	—	59	Sn	—	Sn
Titan	50	—	25	Ti	—	Ti
Wismuth	208	—	208	Bi	—	Bi
Uran	120	—	60	Ur	—	Ur
Wolfram	184	—	92	W	—	W
Molybdän	92	—	46	Mo	—	Mo
Quecksilber	200	200	100	Hg	Hg	Hg
Silber	108	—	108	Ag	—	Ag
Gold	196	—	196	Au	—	Au
Platin	198	—	99	Pt	—	Pt
Palladium	106	—	53	Pd	—	Pd

Volumgewichte und Volumformeln.

Mit dem Avogadro'schen Gesetz (pag. 301) steht in unmittelbarem Zusammenhange die Beobachtung, dass die Raumgrössen chemisch auf einander wirkender Gase in einer einfachen Beziehung zu einander stehen, da nach diesem Gesetze in gleichen Räumen verschiedener Gase gleichviel Molecüle enthalten sind und chemische Zersetzungen immer zwischen einer kleinen Anzahl von Molecülen verlaufen.

Wir wollen einige hier einschlagende Thatsachen mittheilen und zunächst bemerken, dass man zur Formulirung einer chemischen Zersetzung, auf den dabei obwaltenden Volumverhältnissen basirend, Zeichen oder Symbole angenommen hat, welche gleich grosse Volumina elementarer Gase bezeichnen, mit deren Hülfe man für chemische Verbindungen Formeln entwickeln kann, die den gleichen Sinn haben, wie die Aequivalentformeln oder atomistischen Formeln, indem die gewählten Symbole gleiche Volumina bezeichnend, verschiedene Gewichtsmengen bedeuten. Man hat diese Gewichtsmengen die Volumgewichte genannt. Sie fallen meistens mit den Atomgewichten zusammen, weichen jedoch in einigen Fällen von ihnen ab; es lässt sich jedoch a priori bestimmen, in welchem Sinne und nach welcher Grösse diese Abweichung stattfindet. Wir wollen hierauf am Schlusse dieses Kapitels noch einmal zurückkommen.

Als Einheit für die Volumgewichte hat man das Gewicht eines Liters Wasserstoff gewählt; man bezeichnet dies mit dem Ausdruck Krith und es ist ein Krith gleich 0,0896 Gramme Wasserstoff.*) Das Gewicht eines Liters eines anderen Gases wird alsdann in der Weise bezeichnet, dass man die Anzahl Krith angiebt, welche dasselbe repräsentirt. Ein Liter Sauerstoff wiegt z. B. 16 Krith, ein Liter Stickstoff 14 Krith, ein Liter Chlorgas 35,5 Krith, welche Zahlen nichts anderes bedeuten, als die spezifischen Gewichte dieser Gase auf Wasserstoff als Einheit bezogen.

Entsteht nun eine Verbindung, welche zwei in freiem Zustande gasförmige Bestandtheile enthält, durch directe Einwirkung der Elemente auf einander, oder wird eine solche Verbindung in ihre Bestandtheile zerlegt, so beobachtet man eine höchst einfache Relation der dabei auftretenden Volumgrössen untereinander. Bezeichnen wir die gleich grossen Volumina der Gase mit ihren gewöhnlichen Zeichen, indem wir nur als Index ein kleines v zusetzen, z. B. H^v, O^v, N^v etc., so können wir uns Formeln con-

*) Diese Bezeichnung rührt von A. W. Hoffmann her, der sie in seinem Werke: „Einleitung in die moderne Chemie“ gebraucht.

struiren, welche uns genau zeigen, wie viele Volumina der verschiedenen Elemente in Wechselwirkung treten.

Das schon öfter erwähnte Beispiel der Bildung der Salzsäure aus Chlor und Wasserstoff würde uns zu folgendem Ausdruck führen:

$$H^v + Cl^v = H^vCl^v,$$

da gleiche Volumina Wasserstoff und Chlor aufeinander einwirken.

Die Zerlegung des Wassers führt uns zum Ausdruck:

$$H_2^v + O^v = H_2^vO^v,$$

da zwei Volumina Wasserstoff und ein Volumen Sauerstoff aufeinander einwirken.

Die electrolytische Zerlegung des Ammoniaks liefert den Ausdruck:

$$H_3^vN^v = H_3^v + N^v,$$

denn es werden drei Volumina Wasserstoff und 1 Volumen Stickstoff dabei auftreten.

Während die Zeichen der Elemente je einen Liter des Gases bedeuten, beziehen sich die Formeln der Verbindungen immer auf zwei Liter und es bedeuten demnach die drei genannten Formeln noch folgendes:

2 Liter Salzsäure entstehen durch Einwirkung von 1 Liter Wasserstoff und 1 Liter Chlor aufeinander. Es findet hierbei keine Condensation statt. 2 Liter Wasserdampf liefern bei ihrer electrolytischen Zersetzung 1 Liter Sauerstoff und 2 Liter Wasserstoff und umgekehrt entstehen aus 1 Liter Sauerstoff und 2 Liter Wasserstoff 2 Liter Wasserdampf; bei dieser Vereinigung findet eine Condensation des Gasgemisches von 3 auf 2 Liter statt.

2 Liter Ammoniak liefern bei ihrer electrolytischen Zersetzung 1 Liter Stickstoff und 3 Liter Wasserstoff. Es findet dabei eine Volumvergrösserung von 2 auf 4 Liter statt.

Diese drei genannten Volumformeln stimmen mit den atomistischen Molecularformeln der Verbindungen überein; betrachten wir jedoch den Phosphorwasserstoff und Arsenwasserstoff, Phosphorchlorür und Arsenchlorür, so erhalten wir für diese Körper folgende Formeln:

Phosphorwasserstoff, $H_6^vP^v$; Phosphorchlorür, $Cl_6^vP^v$;
Arsenwasserstoff, $H_6^vAs^v$; Arsenchlorür, $Cl_6^vAs^v$.

Da jedoch die Formeln aller Verbindungen den Raum von zwei Litern bezeichnen sollen, diese Formeln jedoch, wie sogleich gezeigt werden soll, 4 Liter bedeuten, so zieht man vor, die Formeln zu halbiren und zu schreiben:

Phosphorwasserstoff, $H_3^v\,P^v{}_{1/2}$; Phosphorchlorür, $Cl_3^v\,P^v{}_{1/2}$;
Arsenwasserstoff, $H_3^v\,As^v{}_{1/2}$; Arsenchlorür, $Cl_3^v\,As^v{}_{1/2}$;

welche Formeln sich nun auf zwei Liter beziehen.

Zu den Formeln der vier zuletzt genannten Verbindungen kommen wir nicht auf demselben Wege, wie zu den Formeln der Salzsäure, des Wassers und des Ammoniaks, denn die experimentelle Schwierigkeit der Feststellung der Volumverhältnisse sind so gross, dass es vorgezogen wird, die Formeln aus der Zusammensetzung der Verbindungen ihrem Gewichte nach mit Hülfe der bekannten Volumgewichte zu berechnen:

1	Liter	Wasserstoff	wiegt	1	Krith;
1	„	Phosphordampf	„	62	„
1	„	Arsendampf	„	150	„
1	„	Chlor	„	35,5	„
2	„	Wasserdampf	wiegen	18	„
2	„	Phosphorwasserstoff	„	34	„
2	„	Arsenwasserstoff	„	78	„
2	„	Phosphorchlorür	„	137,5	„
2	„	Arsenchlorür	„	181,5	„

Diese Zahlen ergeben sich aus den spezifischen Gewichten der genannten Körper. Die procentische Zusammensetzung des Phosphorwasserstoffs zeigt uns, dass in 34 Krith desselben 31 Krith Phosphor und 3 Krith Wasserstoff, also in 2 Liter Phosphorwasserstoff $^1/_2$ Liter Phosphordampf und 3 Liter Wasserstoff enthalten sind, woraus die Formel $H^v_3 P^v_{1/2}$ berechnet wird, wo H^v und P^v die Zeichen für die Litervolumina sind.

Die procentische Zusammensetzung des Arsenwasserstoffs zeigt uns, dass in 78 Krith desselben 75 Krith Arsen und 3 Krith Wasserstoff, also in 2 Liter Arsenwasserstoff $^1/_2$ Liter Arsendampf und 3 Liter Wasserstoff enthalten sind, woraus die Formel $H^v_3 As^v_{1/2}$ berechnet wird.

Für die analogen Chlorverbindungen gilt das Gleiche, denn die procentische Zusammensetzung derselben zeigt uns, dass in je 137,5 Krith und 181,5 Krith je 31 Krith Phosphor und 75 Krith Arsen, dass also in je 2 Liter der Chlorverbindungen je $^1/_2$ Liter Phosphordampf und Arsendampf enthalten sind, woraus sich die Formeln $Cl^v P^v_{1/2}$ und $Cl^v_3 As^v_{1/2}$ ergeben.

Wären wir bei diesen letzten Betrachtungen nicht von der Annahme der zwei Litervolumina für die Verbindungen ausgegangen, sondern von der Annahme, dass nur ganze Liter in einer Verbindung sein können, so hätten wir die zuerst aufgeführten Formeln dieser vier Verbindungen erhalten.

Während also bei der Salzsäure, dem Wasser, dem Ammoniak und noch vielen anderen Verbindungen die atomistischen Formeln mit den Volumformeln übereinstimmen, weichen dieselben bei den letztgenannten Verbindungen von einander ab.

Der Grund dieser Abweichung ist leicht zu finden. Wir wissen einerseits aus dem Avogadro'schen Satze, dass in gleich grossen Räumen verschiedener Gase gleich viel Molecüle enthalten sind, andererseits dass die Atome mit einander in Verbindung treten, und dass atomistische Formeln mit Rücksicht darauf festgestellt sind, drittens dass die Molecüle des Phosphors und Arsens aus vier Atomen bestehen (siehe pag. 322). Bezeichnen wir nun in einer Formel die gleichen Volumina mit den entsprechenden Zeichen, so werden die Formeln immer dann den mit Atomzeichen geschriebenen Formeln ähnlich sein, wenn die Relation zwischen Molecül und Atom bei den in den betreffenden Verbindungen enthaltenen Elementen die gleiche ist, da wir in den Volumformeln ein dem Verhältniss der Molecularmengen gleiches Zeichenverhältniss haben. Sagen wir z. B. 1 Volum Chlor und 1 Volum Wasserstoff sind mit einander verbunden, so heisst das ebenso viel, als wenn wir sagen n Molecüle Chlor sind mit n Molecülen Wasserstoff, oder m Atome Chlor mit m Atomen Wasserstoff verbunden; die Formel wird bei jeder Ausdrucksweise das gleiche Zeichenverhältniss haben. Beim Phosphor und Arsen ist die Sache jedoch anders, da die Molecüle dieser Elemente doppelt so viel Atome enthalten, als die Molecüle des Wasserstoffs, Chlors etc. Wenn 1 Volum Phosphordampf mit 3 Volumina Chlor verbunden wäre, so hiesse das, 4 n Atome Phosphor sind mit 2 × 3 n Atomen Chlor, oder 4 Atome Phosphor sind mit 6 Atomen Chlor vereinigt, woraus sich die Volumformel $P^{v} Cl^{v}_{3}$ berechnen liesse. Das ist jedoch nicht richtig, denn mit 3 Atomen Chlor ist nur 1 Atom Phosphor verbunden; die atomistische Formel des Phosphorchlorürs ist PCl_3; wir können daher auch nicht anders sagen als: 3 Volumina Chlor sind mit $^1/_2$ Volumen Phosphor verbunden, woraus sich die Volumformel $Cl^{v}_{3} P^{v}{}_{1/2}$ ergiebt.

Bei den Volumformeln des Quecksilberchlorids und Quecksilberchlorürs muss die Abweichung von den atomistischen Formeln im entgegengesetzten Sinne vorhanden sein, da bei jenem Elemente Atom und Molecül gleich gross sind; in der That sind die Formeln dieser Verbindungen folgende:

	Volumformel	Atomistische Formel
Quecksilberchlorid	$Hg^{v}_{2}\ Cl^{v}_{2}$	$Hg\ Cl_2$
Quecksilberchlorür	$Hg^{v}_{4}\ Cl^{v}_{2}$	$Hg_2\ Cl_2$,

denen diejenigen der Phosphor- und Arsenverbindungen zum Vergleiche beigesetzt sein mögen:

	Volumformel	Atomistische Formel
Phosphorwasserstoff,	$H^{v}_{3}\ P^{v}{}_{1/2}$;	$H_3\ P$;
Arsenwasserstoff,	$H^{v}_{3}\ As^{v}{}_{1/2}$;	$H_3\ As$;

	Volumformel	Atomistische Formel
Phosphorchlorür,	$Cl^v_3 P^v_{1/2}$;	$Cl_3 P$;
Arsenchlorür,	$Cl^v_3 As^v_{1/2}$;	$Cl_3 As$.

Im Anschluss an die Besprechung der Volumformeln wollen wir eines Ausdrucks Erwähnung thun, der noch häufig gebraucht wird, durch die in diesem Lehrbuch eingehaltene Entwicklung der Theorie übrigens mehr oder weniger überflüssig geworden ist.

Den Raum, den das Aequivalent eines Körpers im Gaszustand einnimmt, nennt man sein Aequivalentvolumen; auf pag. 77 sind in der letzten Columne der dort angegebenen Tabelle die Aequivalentvolumina einiger Körper vorgezeichnet; dieselben stehen unter einander im Verhältniss 1 : 2 : 4. Aus den neueren Betrachtungen erhellt, dass die Molecularvolumina aller Körper gleich gross sein müssen, während die Atomvolumina beim Phosphor, Arsen, Quecksilber und Kadmium von dem Atomvolumen der übrigen Elemente abweichen, indem die des Phosphors und Arsens halb so gross und die des Quecksilbers und Kadmiums doppelt so gross sind als die der anderen Elemente.

Wir haben somit drei verschiedene Arten von Formeln, deren Bedeutung übrigens unter einander in einem inneren Zusammenhange steht. Es sind dies 1) die Aequivalentformeln, 2) die Volumformeln, 3) die atomistischen Formeln und die atomistischen Molecularformeln. Jede dieser Formelgattungen verlangt eine bestimmte Art von Zeichen, denen eine eigenthümliche Bedeutung zukommt. Die verschiedenen Arten von Formeln können zu verschiedenen Zwecken gebraucht werden, es soll jedoch niemals zur Formulirung eines chemischen Processes gleichzeitig mehr als eine Art von Formeln angewandt werden.

Die Aequivalentformeln kommen lediglich in Anwendung bei der Betrachtung der Gewichtsverhältnisse. Die Volumformeln eignen sich mehr zur Betrachtung der Volumverhältnisse, während die atomistischen Formeln, sowie die atomistischen Molecularformeln allen Anforderungen für theoretische Betrachtungen entsprechen, weshalb auch ihre Anwendung die ausgedehnteste sein kann. Wir werden uns im Verlauf der Besprechung der organischen Chemie der atomistischen Formeln bedienen und, soweit möglich, die Molecularformeln in Berücksichtigung nehmen. Da wir es bei den organischen Verbindungen meist mit Körpern von bekanntem Moleculargewicht zu thun haben, so wird letztere Art von Formeln fast immer Anwendung finden.

Wir werden nun im nächsten Kapitel die vergleichende Zusammenstellung der verschiedenen Körper vornehmen und damit

ein Mittel an die Hand geben, jede beliebige Umwandlung der Formeln vornehmen zu können.

Vergleich der Aequivalentformeln und der atomistischen Formeln und Umwandlung derselben in einander.

Da wir auf pag. 316 die atomistischen Formeln der Verbindungen der Metalloide unter einander bereits kennen gelernt haben, so wollen wir uns nun direct an die Metallverbindungen wenden.

Es ist bei der Umwandlung einer Aequivalentformel in eine atomistische Formel zunächst zu bedenken, dass nur dann eine Verschiedenheit der Formel stattfindet, wenn die Verbindung einen oder mehrere Bestandtheile enthält, deren Atomgewicht verschieden vom Aequivalentgewicht, also doppelt so gross als dieses ist. Die Formeln der Salzsäure und der übrigen Wasserstoffsäuren bleiben unverändert, ebenso die des Ammoniaks; überhaupt die Verbindungen folgender Elemente unter einander: Wasserstoff, Stickstoff. Chlor, Brom, Jod, Fluor, Phosphor, Bor, Arsen, Antimon, Kalium, Natrium, (Ammonium), Wismuth, Silber, Gold und der selteneren Alkalimetalle, weil die Atomgewichte derselben gleich den Aequivalentgewichten sind.

Alle Verbindungen, welche irgend ein anderes Element enthalten, werden eine Veränderung ihrer Formel erfahren, und zwar wird diese Veränderung in der Weise vorgenommen, dass man die Zahlenindices derjenigen Elemente, deren Atomgewicht doppelt so gross als das Aequivalentgewicht ist, halbirt. Ist eine solche Halbirung nicht möglich, weil die Formel entweder nur ein Aequivalent oder eine unpaare Anzahl von Aequivalenten enthält, wobei man Bruchtheile von Atomen erhielte, deren Annahme der Natur der Sache nach unstatthaft ist, so verdoppelt man zuerst sämmtliche Zahlenindices und halbirt nachher diejenigen der betreffenden Elemente; gleichzeitig setzt man statt des einfachen Zeichens für das Aequivalent das durchstrichene Zeichen für das Atom und hat alsdann die fertige atomistische Formel vor sich. Zur Erläuterung mögen einige Beispiele dienen.

Die Aequivalentformel des Kalihydrats ist KOHO oder KO_2H, diese wird in die atomistische Formel verwandelt, indem man den Index für Sauerstoff halbirt und statt O Θ setzt, oder indem man für O_2 Θ in die Formel einführt. Demnach ist $K\Theta H$ die

atomistische Formel für Kalihydrat. Die gleiche Veränderung erfahren die Formeln der übrigen Alkalimetallverbindungen.

Das Wismuthoxydhydrat hat die Aequivalentformel $BiO_3 3HO$ oder BiO_6H_3, welche in die atomistische Formel $Bi\Theta_3H_3$ übergeht.

Die Formel des wasserfreien Kalis muss dagegen verdoppelt werden, um die Umwandlung erfahren zu können; KO ist die Aequivalentformel, K_2O_2 ist die verdoppelte Formel und $K_2\Theta$ die atomistische Formel.

Die Formeln der Oxydhydrate der alkalischen Erdmetalle werden sich folgendermaassen umwandeln lassen:

Barythydrat ist BaOHO oder BaO_2H; die Formel muss verdoppelt werden, weil Ba den Index 1 hat und das Atomgewicht des Baryums doppelt so gross ist als das Aequivalentgewicht, folglich wird die Formel zu $Ba_2O_4H_2$ und diese wird zu $Ba\Theta_2H_2$, da $Ba_2 = Ba$ und $O_4 = \Theta_2$; analoge Formeln erhalten nun selbstverständlich die Oxydhydrate aller derjenigen Metalle, deren Atomgewicht doppelt so gross ist als das Aequivalentgewicht und welche analoge Aequivalentformeln haben. In nachstehender Tabelle sind die Aequivalentformeln und die atomistischen Formeln der Oxyde, der Oxydhydrate und der anderen Sauerstoffverbindungen der Metalle verzeichnet, mit der Bemerkung, dass hierbei immer die einfachste atomistische Formel gewählt wurde.

Namen der Elemente.	Namen der Verbindungen.	Aequivalentformel.	Atomistische Formel.
Kalium	Kaliumoxyd (Kali)	KO	$K_2\Theta$
	Kaliumhyperoxyd	KO_4	$K\Theta_2$
	Kalihydrat	KOHO	$K\Theta H$
Natrium	Natriumoxyd (Natron)	NaO	$Na_2\Theta$
	Natriumhyperoxyd	NaO_2	$Na\Theta$
	Natronhydrat	NaOHO	$Na\Theta H$
Baryum	Baryumoxyd (Baryt)	BaO	$Ba\Theta$
	Baryumhyperoxyd	BaO_2	$Ba\Theta_2$
	Barythydrat	BaOHO	$Ba\Theta_2H_2$
Strontium	Strontiumoxyd (Strontian)	SrO	$Sr\Theta$
	Strontianhydrat	SrOHO	$Sr\Theta_2H_2$
Calcium	Calciumoxyd (Kalk)	CaO	$Ca\Theta$
	Kalkhydrat	CaOHO	$Ca\Theta_2H_2$
Magnesium	Magnesiumoxyd (Magnesia)	MgO	$Mg\Theta$
	Magnesiahydrat	MgOHO	$Mg\Theta H_2$
Aluminium	Aluminiumoxyd (Thonerde)	Al_2O_3	$Al_2\Theta_3$
	Thonerdehydrat	$Al_2O_3 3HO$	$Al\Theta_3H_3$

Namen der Elemente.	Namen der Verbindungen.	Aequivalent-formel.	Atomistische Formel.
Eisen	Eisenoxydul	FeO	$Fe\Theta$
	Eisenoxydulhydrat	$FeOHO$	$Fe\Theta_2H_2$
	Eisenoxyd	Fe_2O_3	$Fe_2\Theta_3$
	Eisenoxydhydrat	$Fe_2O_3\,3HO$	$Fe\Theta_3H_3$
	Eisenoxyduloxyd	Fe_3O_4	$Fe_3\Theta_4$
Mangan	Manganoxydul	MnO	$Mn\Theta$
	Manganoxydulhydrat	$MnOHO$	$Mn\Theta_2H_2$
	Manganoxyd	Mn_2O_3	$Mn_2\Theta_3$
	Manganhyperoxyd	MnO_2	$Mn\Theta_2$
	Mangansäure	MnO_3HO	$Mn\Theta_4H_2$
	Uebermangansäure	Mn_2O_7HO	$Mn\Theta_4H$
Chrom	Chromoxyd	Cr_2O_3	$Cr_2\Theta_3$
	Chromoxydhydrat	$Cr_2O_3\,3HO$	$Cr\Theta_3H_3$
	Chromsäureanhydrid	CrO_3	$Cr\Theta_3$
	Chromsäure	CrO_3HO	$Cr\Theta_4H_2$
Uran	Uranoxydul	UO	$U\Theta$
	Uranoxydulhydrat	$UOHO$	$U\Theta_2H_2$
	Uranoxyd	U_2O_3	$U_2\Theta_3$
	Uranoxydhydrat	$U_2O_3\,3HO$	$U\Theta_3H_3$
Kobalt	Kobaltoxydul	CoO	$Co\Theta$
	Kobaltoxydulhydrat	$CoOHO$	$Co\Theta_2H_2$
	Kobaltoxydhydrat	$Co_2O_3\,3HO$	$Co\Theta_3H_3$
	Kobaltoxyduloxyd	Co_3O_4	$Co_3\Theta_4$
Nickel	Nickeloxydul	NiO	$Ni\Theta$
	Nickeloxydulhydrat	$NiOHO$	$Ni\Theta_2H_2$
	Nickeloxyd	Ni_2O_3	$Ni_2\Theta_3$
	Nickeloxydhydrat	$Ni_2O_3\,3HO$	$Ni\Theta_3H_3$
Zink	Zinkoxyd	ZnO	$Zn\Theta$
	Zinkoxydhydrat	$ZnOHO$	$Zn\Theta_2H_2$
Kadmium	Kadmiumoxyd	CdO	$Cd\Theta$
Blei	Bleioxyd	PbO	$Pb\Theta$
	Bleioxydhydrat	$PbOHO$	$Pb\Theta_2H_2$
	Bleisuboxyd	Pb_2O	$Pb_2\Theta$
	Bleihyperoxyd	PbO_2	$Pb\Theta_2$
Kupfer	Kupferoxyd	CuO	$Cu\Theta$
	Kupferoxydhydrat	$CuOHO$	$Cu\Theta_2H_2$
	Kupferoxydul	Cu_2O	$Cu_2\Theta$
Zinn	Zinnoxydul	SnO	$Sn\Theta$
	Zinnoxydulhydrat	$SnOHO$	$Sn\Theta_2H_2$
	Zinnoxyd	SnO_2	$Sn\Theta_2$
	a Zinnsäure	SnO_2HO	$Sn\Theta_3H_2$

Namen der Elemente.	Namen der Verbindungen.	Aequivalentformel.	Atomistische Formel.
Zinn	b Zinnsäure	SnO_2HO	$(Sn\Theta_3H_2)$?
Wolfram	Wolframsäureanhydrid	WO_3	$W\Theta_3$
	Wolframsäure	WO_3HO	$W\Theta_4H_2$
Molybdän	Molybdänsäureanhydrid	MoO_3	$Mo\Theta_3$
Quecksilber	Quecksilberoxydul	Hg_2O	$Hg_2\Theta$
	Quecksilberoxyd	HgO	$Hg\Theta$
Silber	Silberoxyd	AgO	$Ag_2\Theta$
Gold	Goldoxydul	AuO	$Au_2\Theta$
	Goldoxyd	AuO_3	$Au_2\Theta_3$
Platin	Platinoxydul	PtO	$Pt\Theta$
	Platinoxyd	PtO_2	$Pt\Theta_2$
Arsen	Arsenigsäureanhydrid	AsO_3	$As_2\Theta_3$
	Arsensäure	$AsO_5 3HO$	$As\Theta_4H_3$
Antimon	Antimonoxyd	SbO_3	$Sb_2\Theta_3$
	Metaantimonsäure	SbO_5HO	$Sb\Theta_3H$
	Pyroantimonsäure	$SbO_5 2HO$	$Sb_2\Theta_7H_4$

Mit Hülfe der hier aufgeführten Formeln der basischen Oxyde der Metalle und der auf pag. 316 verzeichneten Formeln der Metalloidsäuren und der in dieser Tabelle genannten Metallsäuren lassen sich leicht die Formeln aller Salze entwickeln. Wir werden hierbei den auf pag. 32 und 33 entwickelten Ansichten über die Constitution der Säuren, Basen und Salze zu folgen haben. Gleichzeitig bemerken wir nun einen bestimmten Zweck der auf pag. 100 und 101 mitgetheilten Betrachtungen. Halten wir alles, was an den genannten Orten gesagt ist, mit dem nun bekannten Formeln zusammen, und wenden wir das an letzterem Ort Ausgeführte auch auf die Basen an, so werden wir uns die Bildung der Salze in folgender Weise erklären können:

Bildung des salpetersauren Kalis:
$$N\Theta_3H + K\Theta H = N\Theta_3K + H_2\Theta$$
Bildung des schwefelsauren Kalis:
$$S\Theta_4H_2 + 2K\Theta H = S\Theta_4K_2 + 2H_2\Theta$$
Bildung des phosphorsauren Kalis:
$$P\Theta_4H_3 + 3K\Theta H = P\Theta_4K_3 + 3H_2\Theta$$

Einwirkung einer einsäurigen Base auf eine ein-, eine zwei- und eine dreibasische Säure.

Bildung des salpetersauren Baryts:
$$2N\Theta_3H + Ba\Theta_2H_2 = 2(N\Theta_3)Ba + 2H_2\Theta$$
Bildung des schwefelsauren Baryts:
$$S\Theta_4H_2 + Ba\Theta_2H_2 = S\Theta_4Ba + 2H_2\Theta$$
Bildung des phosphorsauren Baryts:
$$2P\Theta_4H_3 + 3Ba\Theta_2H_2 = 2(P\Theta_4)Ba_3 + 6H_2\Theta$$

Einwirkung einer zweisäurigen Base auf eine ein-, eine zwei- und eine dreibasische Säure.

Bildung des salpetersauren Eisenoxyds: $3N\Theta_3H + Fe\Theta_3H_3 = 3(N\Theta_3)Fe + 3H_2\Theta$ Bildung des schwefelsauren Eisenoxyds: $3S\Theta_4H_2 + 2Fe\Theta_3H_3 = 3(S\Theta_4)Fe_2 + 6H_2\Theta$ Bildung des phosphorsauren Eisenoxyds: $P\Theta_4H_3 + Fe\Theta_3H_3 = P\Theta_4Fe + 3H_2\Theta$	Einwirkung einer dreisäurigen Base auf eine ein-, eine zwei- und eine dreibasische Säure.

Die Erkennung, ob eine Base oder Säure einsäurig oder mehrsäurig, resp. einbasisch oder mehrbasisch sei, kann nach den früheren Erörterungen keine Schwierigkeit haben.*)

Werthigkeit der Atome.

Wenn wir bisher gewöhnt waren, die Formeln der Verbindungen nur nach einer Richtung hin, nämlich nach der ihrer Gewichtsverhältnisse zu interpretiren, so müssen wir uns nun mit einer weiteren Eigenschaft der Atome bekannt machen, welche wir aus den Formeln ableiten und die uns einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung der Structur der Molecüle geben wird.

Es ist das Grössenverhältniss der atombindenden Kräfte, welches wir aus der Zusammensetzung der atomistischen Molecularformeln erkennen. Die chemische Anziehungskraft, über deren Wesen man zwar noch vollständig im Unklaren ist, äussert sich unter den Atomen und ist, wie a priori anzunehmen, bei den verschiedenen Atomen quantitativ verschieden. So wenig wir uns irgend eine einigermaassen gegründete Ansicht über diese spezifischen Kräfte bilden können, so wenig können wir den Grund angeben, warum ein Atom sich leichter mit diesem als mit jenem Atom vereinigt, aber wir sind im Stande zu sagen, wie viel Atome ein bestimmtes Atom zu binden vermag. Wir wollen diese Kraft der Atome ihre atombindende Kraft oder Werthigkeit nennen. In diesem Sinne unterscheiden wir ein- und mehrwerthige Atome**) und nennen ein einwerthiges Atom ein solches, welches nur mit einem andern Atom direct verbunden sein kann, ein zweiwerthiges Atom ein solches, welches mindestens zwei solche einwerthige Atome binden kann u. s. w. Diese

*) Es mag hier eine Bezeichnungsart der Salze Erwähnung finden, die in neuerer Zeit mehr und mehr Anklang findet und auch eine gewisse Berechtigung hat. Sie geht von der Ansicht aus, dass in einem Salze kein Metalloxyd enthalten ist und nennt z. B. das Salz $N\Theta_3K$ salpetersaures Kalium.

**) Statt des Ausdrucks „Werthigkeit" bezeichnet man jene Kraft der Atome noch mit dem Ausdruck Valenz oder Atomigkeit; auch spricht man von monaffinen und diaffinen etc. Atomen.

Anschauung schreibt den Atomen verschieden grosse Anzahlen von Krafteinheiten zu, welche zur Bindung anderer Atome verbraucht werden. So hat ein einwerthiges Atom eine Krafteinheit, welche ein anderes einwerthiges Atom ebenfalls mit einer Krafteinheit an das erste Atom zu ketten vermag. Selbstverständlich werden hierbei die beiden Krafteinheiten jener beiden mit einander vereinigten Atome verbraucht, und können die Atome alsdann keine weitere Anziehung mehr ausüben. Man hat für die sogen. Krafteinheit den Ausdruck „Affinität“ gewählt und spricht in diesem Sinne von Atomen mit ein, zwei etc. Affinitäten. Die ganze Natur dieser Affinitäten schliesst die Möglichkeit einer freien Affinität aus; eine solche kann nur während des Austausches der Bestandtheile mehrerer Molecüle existiren, wird jedoch sogleich in Folge der Bindung irgend eines Atoms verbraucht, sie wird gesättigt, wie man sagt.

Einwerthig sind solche Atome, die sich nur in dem einen Verhältniss 1 : 1 miteinander verbinden können.

Niemals kann ein einwerthiges Atom mit zwei anderen Atomen gleichzeitig zusammenhängen.

Zweiwerthig sind solche Atome, welche zwei einwerthige Atome gleichzeitig zu binden vermögen; überhaupt bemisst sich die Werthigkeit eines Atomes nach der Anzahl der einwerthigen Atome, die mit demselben direct verbunden sein können.

Einwerthige Atome sind die des Wasserstoffs und Chlors und darum kann man an der Anzahl von Wasserstoff- und Chloratomen, die mit einem Atom verbunden sein können, die Werthigkeit jedes Atoms erkennen.

Ein Atom Sauerstoff kann sich mit zwei Atomen Wasserstoff oder Chlor oder mit einem Atom Wasserstoff und einem Atom Chlor verbinden; es bestehen die Verbindungen:

H—Θ—H und H—Θ—Cl
Wasser Unterchlorige Säure.

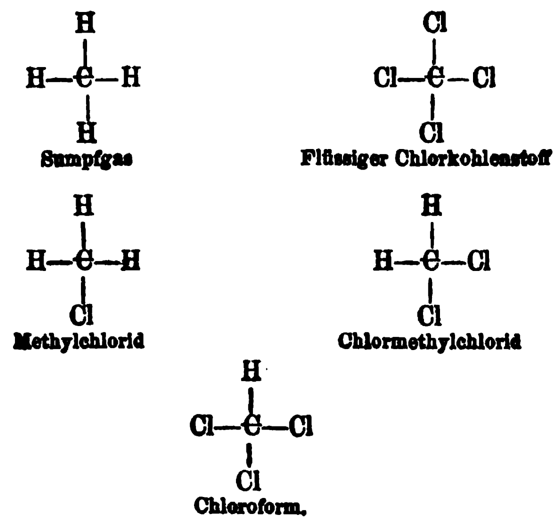
Das Sauerstoffatom ist demnach zweiwerthig, denn es lassen sich die Zusammensetzungen jener beiden Verbindungen nicht anders als mit der Annahme der Zweiwerthigkeit des Sauerstoffs erklären.

Ein Atom Stickstoff kann drei Atome Wasserstoff oder drei Atome Chlor binden; es bestehen die beiden Verbindungen:



Das Stickstoffatom ist demnach dreiwerthig.

Ein Atom Kohlenstoff kann ein Atom Wasserstoff oder Chlor binden. Es existiren folgende fünf Verbindungen:



Das Kohlenstoffatom ist demnach vierwerthig.

Es kann hier sogleich bemerkt werden, dass man meist kurz von der Werthigkeit der Elemente spricht und den Umstand, dass dieselben den Atomen zukommt, als selbstverständlich, nicht mit erwähnt. In diesem Sinne sind die folgenden Bezeichnungen zu verstehen. Man hat auf Grund der Werthigkeit der Elemente eine Eintheilung der Elemente vorgenommen und folgende Gruppen erhalten:

Einwerthige Elemente:
Wasserstoff, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Kalium, Natrium, Silber;

Zweiwerthige Elemente:
Sauerstoff, Schwefel, Quecksilber, Kupfer, Kadmium, Baryum, Strontium, Calcium, Magnesium, Zink;

Dreiwerthige Elemente:
Stickstoff, Phosphor, Arsen, Antimon, Wismuth, Gold, Aluminium, Chrom;

Vierwerthige Elemente:
Kohlenstoff, Silicium, Zinn, Platin, Blei;

Sechswerthige Elemente:
Molybdän, Wolfram.

Die Werthigkeit vieler Metalle ist noch nicht ermittelt, denn die Feststellung der Werthigkeit hat in sofern grosse Schwierigkeit, als dazu irgend eine Verbindung nothwendig ist, deren Mole-

cularformel bekannt ist, da es nicht genügt zu bestimmen, wie viele Atome Chlor z. B. mit einem Atom des Metalls verbunden sind; denn zwei Atome desselben Körpers haben, wenn sie mit einander in einer Verbindung enthalten und selbst direct mit einander verbunden sind, nicht zweimal so viel Affinitäten als ein Atom, sondern mindestens zwei weniger. Wir werden sogleich diesen Gegenstand weiter verfolgen.

Verkettung der Atome.

Die auf pag. 334 aufgeführten Formeln zeigen bereits, was man unter der Verkettung der Atome zu verstehen hat; sie stellen übrigens nur die allereinfachsten Fälle dar und wir wollen uns daher noch etwas eingehender mit diesem Gegenstand beschäftigen.

Sind zwei einwerthige Atome mit einander verbunden, so sind alle Affinitäten gesättigt und es ist daher eine weitere Complication nicht möglich.

Die Vereinigung zweiwerthiger Atome mit einander kann dagegen entweder in der Weise erfolgen, dass nur zwei Atome mit einander verbunden sind oder mehr. Der erste Fall kann z. B. für den Sauerstoff folgendermaassen dargestellt werden: *)

$$\text{Θ}{=}\text{Θ} \quad \text{(Ein Molecül Sauerstoff.)}$$

Vereinigen sich dagegen mehrere Atome Sauerstoff mit einander so muss z. B. bei drei Atomen die Bindung folgende sein:

$$\begin{array}{ccc} \text{Θ} & — & \text{Θ} \\ & \diagdown\text{Θ}\diagup & \end{array} \quad \text{(Ein Molecül Ozon.)}$$

Bei der Vereinigung von vier Sauerstoffatomen haben wir alsdann folgendes Bild:

$$\begin{array}{ccc} \text{Θ} & — & \text{Θ} \\ | & & | \\ \text{Θ} & — & \text{Θ} \end{array}$$

Verbinden sich dagegen einwerthige Atome mit zweiwerthigen, so müssen immer mindestens zwei einwerthige Atome in der Verbindung enthalten sein. So haben wir pag. 333 bereits einige Verbindungen erwähnt, in welchen übrigens nur ein zweiwerthiges Atom enthalten ist.

Verbindungen, in denen neben zwei einwerthigen Atomen mehr als ein zweiwerthiges Atom enthalten sind, sind ebenfalls bekannt, z. B.:

*) Die zwischen den Atomzeichen stehenden Striche sollen die Richtung der Vereinigung anzeigen. Jeder Strich repräsentirt zwei Affinitäten, nämlich von jedem der verbundenen Atome eine. Die Länge der Striche hat keine Bedeutung.

H—[Θ—Θ]—H
Wasserstoffhyperoxyd.

Na—[S—Θ—Θ—Θ]—Na
Schwefligsaures Natron.

Na—[Θ—S—Θ—Θ—Θ]—Na
Schwefelsaures Natron.

Wir wollen hier sogleich darauf aufmerksam machen, dass die in den Klammern stehenden Atomencomplexe dieselbe Werthigkeit besitzen, wie ein Atom Sauerstoff oder Schwefel, und dass demnach die Werthigkeit eines solchen Complexes zweiwerthiger Atome unabhängig von der Anzahl der darin enthaltenen Atome ist. Wir nennen einen solchen Atomencomplex eine zweiwerthige Atomengruppe.

Die Vereinigungsart dreiwerthiger Atome zeigt natürlich noch mehr Mannigfaltigkeit. So haben wir im Molecül Stickstoff eine Verbindung vor uns, der wir folgende Formel geben müssen:

N≡N

welche also zeigt, dass beide Atome mit je drei Affinitäten an einander gebunden sind. Drei dreiwerthige Atome können niemals allein mit einander vereinigt sein, da drei solche Atome zusammen eine unpaare Anzahl von Affinitäten besitzen, welche nicht unter sich gesättigt werden können. Zur Sättigung sämmtlicher Affinitäten einer Anzahl von Atomen ist es nothwendig, dass erstere immer in paarer Anzahl vorhanden sind, da immer je zwei Affinitäten einander sättigen.

Vier dreiwerthige Atome können dagegen mit einander verbunden sein. Die Molecüle Phosphor und Arsen stellen solche Atomcomplexe dar:

```
P=P      As=As
|  |      |   |
P=P      As=As.
```

Die Vereinigung ein- oder zweiwerthiger Atome mit ein-, zwei- oder dreiwerthigen Atomen führt zu einer Reihe von Verbindungen, von denen wir nur folgende nennen wollen:

```
H—N—H
   |        Ammoniak;
   H

┌·····┐
N—P=N
|           Phospham; *)
H
```

*) Phospham entsteht durch Einwirkung von Ammoniak auf Phosphorsuperchlorid.

```
N═N
 \Θ/          Stickstoffoxydul;

N  =  N
|     |       Salpetrigsäureanhydrid (?).
Θ—Θ—Θ

Θ═N—Θ—H       Salpetrige Säure.

 Θ═N—Θ—Θ—H ⎫
    oder   ⎪
 Θ—N—Θ—H   ⎬  Salpetersäure.
 |  |      ⎪
  —Θ       ⎭
```

Am complicirtesten und mannigfaltigsten sind die Vereinigungsarten vierwerthiger Atome unter einander oder mit andern. Es sind bei den Verbindungen z. B. der Kohlenstoffatome so viele verschiedene Bindungsarten möglich, dass wir uns hier darauf beschränken müssen, nur die einfacheren und wichtigeren Verhältnisse zu besprechen, zumal es nicht schwer sein kann, die andern Fälle zu construiren.

Behalten wir also den Kohlenstoff im Auge, so finden wir folgende Verbindungsarten:

```
C≡C;    C = C      C═C
        ‖_C_‖      ‖  ‖     u. s. w.
                   C  C
```

Die Verbindungsformen bei gleichzeitiger Anwesenheit von mehreren Kohlenstoffatomen und dreiwerthigen Atomen ist im einfachsten Falle folgende:

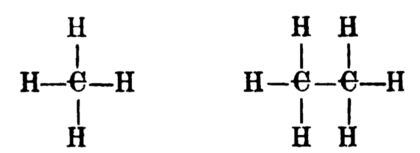
N≡C—C≡N.

Bei den Verbindungen von Kohlenstoffatomen mit zweiwerthigen Atomen kommen als einfachste Verhältnisse folgende Gruppirungen vor:

```
Θ═C═Θ   Kohlensäure;
Θ═C═S   Kohlenoxysulfid;
S═C═S   Schwefelkohlenstoff,
```

```
ferner Θ═C═C═Θ  oder  C≡C   ferner Θ═C—C═Θ
                      |  |          |  |
                      Θ—Θ           Θ—Θ.
```

Die verschiedenartigsten Combinationen zeigen sich in den Verbindungen des Kohlenstoffs mit einwerthigen Elementen, z. B. mit Wasserstoff. Wir haben hier zunächst folgende Verbindungsverhältnisse:



Während also ein Atom Kohlenstoff vier Atome Wasserstoff binden kann, können sich mit zwei Atomen höchstens sechs Atome Wasserstoff vereinigen, folglich haben zwei Atome Kohlenstoff, welche mit einander verbunden sind, zusammen mindestens zwei Affinitäten weniger als die beiden Atome im freien Zustande; jedes weitere Atom Kohlenstoff vermehrt deshalb die Summe der gesammten Kohlenstoffaffinitäten nur um zwei; wir haben z. B.

```
   H   H   H
   |   |   |
H—C—C—C—H.
   |   |   |
   H   H   H
```

Drei Atome Kohlenstoff können also nur acht Atome, nicht $3 \times 4 = 12$ Atome binden, und zwar unter der Voraussetzung, dass die Kohlenstoffatome immer nur mit je einer Affinität an einander gebunden sind. Wir können also für die Anzahl der Affinitäten einer Kette von Kohlenstoffaffinitäten die Formel aufstellen: $a = 2n + 2$, wo a die gesuchte Affinitätenanzahl und n die Anzahl der Kohlenstoffatome ist. Es werden sich also mit C_n verbinden H_{2n+2}. In der That giebt es eine Reihe von Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff, welche nach der allgemeinen Formel $C_n H_{2n+2}$ zusammengesetzt sind.

Es liegt nun auf der Hand, dass die Bindung der Kohlenstoffatome in einer solchen Kette da und dort eine innigere sein kann. Wir kennen Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasserstoff, in denen die Kohlenstoffatome doppelt verbunden sind. Das schon mehrfach erwähnte Anthylen ist eine solche Verbindung, es enthält neben zwei Atomen Kohlenstoff vier Atome Wasserstoff und erhält die Formel:

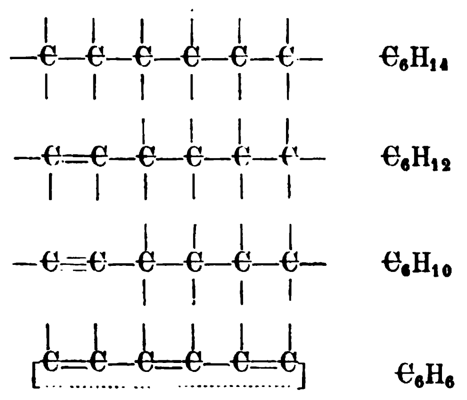
```
H—C=C—H
  |   |
  H   H
```

Wir kennen sogar noch eine innigere Bindung. Das Acetylen enthält zwei Atome Kohlenstoff und zwei Atome Wasserstoff und hat die Formel:

$$H—C \equiv C—H.$$

Die beiden Kohlenstoffatome sind demnach mit je drei Affinitäten an einander gebunden.

Wir sehen also, dass die Verkettung der Kohlenstoffatome in sehr verschiedener Weise stattfinden kann und wollen hier die wichtigsten Arten der Bindungen zusammenstellen.



Die ab- und aufwärts gehenden Striche mögen diejenigen Affinitäten vorstellen, welche in dem ganzen Kohlenstoffgerüste verfügbar sind, um andere Atome, seien es nun einwerthige oder mehrwerthige, zu binden. Die beistehenden Formeln passen für die Verbindung, bei welchen jene freien Kohlenstoffaffinitäten durch Wasserstoffaffinitäten gesättigt sind.

Es wird nach dem Gesagten nicht nöthig sein, noch weiter auf Details einzugehen, da durch die ausgeführten Betrachtungen zur Genüge erklärt ist, was man unter der Verkettung der Atome zu verstehen hat. Will man einen Gebrauch von dieser Formulirung machen, so hat man stets zuerst das chemische Verhalten des betreffenden Körpers genau zu erforschen, um Anhaltspunkte für die Gruppirung der Bestandtheile zu bekommen. Wir werden in einem späteren Kapitel der Einleitung und ausserdem in vielen speziellen Fällen Anwendungen von dem machen, was wir hier dem Wesen nach kennen gelernt haben.

Nur auf einen Punkt wollen wir noch einmal zurückkommen. Es ist pag. 336 bei den Formeln des Wasserstoffhyperoxyds, des schwefligsauren Natrons und des schwefelsauren Natrons darauf aufmerksam gemacht worden, dass man gewisse Theile gesättigter Verbindungen als verschiedenwerthige Atomgruppen betrachten kann. Es lassen sich der Natur der Sache nach hierin keine Regeln aufstellen, man ist jedoch überein gekommen, gewisse Atomencomplexe als eine zwei- oder mehrwerthige Gruppe zu bezeichnen; man operirt mit diesen Gruppen bei der Beschreibung der chemischen Zusammensetzung der Verbindungen, ohne jedesmal näher auf ihre spezielle Constitution Rücksicht zu nehmen und

hat solchen Atomengruppen dann noch der Bequemlichkeit halber Namen gegeben. In freiem Zustande können dieselben natürlich nicht existiren, sondern immer nur Bestandtheile von Verbindungen bilden.

Folgendes sind wichtige Atomgruppen:

$-\Theta-H$	Hydroxyl	$-C\equiv H_3$	Methyl
$-S-H$	Sulfhydril	$=C=H_2$	Methylen
$-N=H_2$	Amid	$\equiv C-H$	Methenyl

$$\left.\begin{array}{l} -C=\Theta \\ \;\;| \\ \;\;\Theta-H \end{array}\right\} \text{Carboxyl}$$

$$-S-\Theta-\Theta-\Theta-H \text{ Sulfuroxyl}$$

Die nach links zeigenden Striche bedeuten die freien Affinitäten. Die drei erst genannten Gruppen und das Sulfuroxyl sind Bestandtheile sowohl anorganischer als auch organischer Verbindungen. Die Benutzung dieser Gruppen, denen man bis jetzt noch keine besonderen Zeichen gegeben hat, hat in erster Linie den Vortheil der grössern Uebersichtlichkeit der Formeln, in denen dieselben vorkommen und, damit im Zusammenhang stehend, das Hervortretenlassen gewisser Analogien in der Zusammensetzung und Constitution verschiedener Verbindungen.

Wechsel der Werthigkeit.

Die Werthigkeit eines Elementes ist keine ganz constante Grösse; jedes Element hat zwar eine Werthigkeit, die es in den meisten Fällen äussert, aber viele Elemente zeigen unter gewissen Umständen auch eine andere Werthigkeit, als die ihnen gewöhnlich eigene.

Der Kohlenstoff ist vierwerthig und doch existirt ein Körper, in dessen Molecül der Kohlenstoff nur mit einem Atom Sauerstoff verbunden ist. Das Kohlenoxyd enthält ein zweiwerthiges Atom Kohlenstoff oder ein vierwerthiges Atom Sauerstoff.

Der Stickstoff ist gewöhnlich dreiwerthig, dagegen haben wir in dem Stickstoffoxyd und der Untersalpetersäure Verbindungen vor uns, in denen derselbe zweiwerthig auftritt, denn die Formel $N\Theta$ für Stickstoffoxyd und $N\Theta_2$ für Untersalpetersäure lassen sich nur verstehen, wenn man den Stickstoff für zweiwerthig hält, oder dem Sauerstoff eine andere Werthigkeit zuschreibt.

Die Beispiele, in denen eine Abweichung der Werthigkeit der Elemente von ihrer so zu sagen normalen Werthigkeit stattfindet, liessen sich noch beträchtlich vermehren. Wir finden bei genauer

Durchsicht dieser Beispiele, dass jedem Elemente die Maximalwerthigkeit bei niederer Temperatur zukommt und dass dieselbe beim Erwärmen allmählig herabsinkt. Wenn nun aber auch die Verminderung der Werthigkeit von der Temperatur wesentlich abhängig ist, so ist sie es noch mehr von der Natur der mit dem betreffenden Atome verbundenen Elemente.

Während z. B. in einer Verbindung des Kohlenstoffs mit Sauerstoff der erstere unter gewissen Umständen zweiwerthig sein kann, kennt man keine Verbindung des Kohlenstoffs mit Wasserstoff oder andern einwerthigen Elementen, welche ein zweiwerthiges Kohlenstoffatom enthält. Das Gleiche gilt für den Stickstoff, der in den beiden Verbindungen mit Sauerstoff, in dem Stickstoffoxyd und der Untersalpetersäure, zweiwerthig, in seinen Verbindungen mit Wasserstoff oder anderen einwerthigen Elementen aber immer dreiwerthig ist.

Andererseits kann die geringere Werthigkeit eines Elementes nicht durch jede Substanz wieder auf das normale Maass gebracht werden, denn während sich z. B. Kohlenoxyd nicht direct bei gewöhnlicher Temperatur mit Sauerstoff vereinigt, verbindet es sich mit zwei Atomen Chlor so leicht, dass es sogar im Stande ist, dieselben einer andern, wenn auch sehr losen Verbindung, nämlich dem Antimonsuperchlorid, zu entziehen. Auch andere Körper können sich mit Kohlenoxyd verbinden, wodurch die Werthigkeit des darin enthaltenen Kohlenstoffs von 2 auf 4 gebracht wird.

Dass durch ein Steigen der Temperatur direct eine Verminderung der Werthigkeit herbeigeführt werden kann, geht aus dem Verhalten der Untersalpetersäure hervor. Bei niederer Temperatur (etwa 27° C.) hat die Untersalpetersäure ein Moleculargewicht, welches der Formel $N_2\Theta_4$ entspricht; diese Formel erlaubt die Annahme, dass der Stickstoff in dieser Verbindung, wie meistens, dreiwerthig ist, denn die Bindung der Atome kann folgendermaassen dargestellt werden:

$$\begin{matrix} \Theta \diagdown & & \diagup \Theta \\ | \quad > N - N < & & | \\ \Theta \diagup & & \diagdown \Theta \end{matrix}$$

Wird die Untersalpetersäure dagegen erwärmt, so büsst der Stickstoff eine seiner Affinitäten ein, wird zweiwerthig; in Folge dessen zerfällt die Verbindung in die beiden gleichen Theile:

$$N \begin{matrix} \diagup \Theta \\ | \\ \diagdown \Theta \end{matrix}$$

Beim Abkühlen erlangt der Stickstoff seine gewöhnliche Werthigkeit wieder und erfolgt deshalb durch Vereinigung von zwei $N\Theta_2$ die Bildung des ursprünglichen Moleculs $N_2\Theta_4$.

Wir können also sagen: Die Werthigkeit der Atome ist eine Function der Temperatur und gleichzeitig abhängig von der Qualität der mit dem betreffenden Elemente verbundenen Atome.

Constitution der Molecüle.

Wie aus der Tabelle der Atome und Moleculargewichte pag. 321 ersichtlich, ist bei den meisten Elementen, bei welchen das Moleculargewicht überhaupt bekannt ist, das Verhältniss der Atomgewichte zu den Moleculargewichten gleich 1 : 2; es bestehen also die meisten Element-Molecüle aus zwei Atomen. Ausnahmen hiervon machen Arsen, Phosphor, Quecksilber und Kadmium, da die Molecüle der beiden ersten Elemente vier Atome enthalten, während Molecüle und Atome beim Quecksilber und Kadmium identisch sind. Aber auch das Ozon, diese allotropische Modification des Sauerstoffs, macht eine Ausnahme, indem sein Molecül aus drei Atomen besteht, was sich aus dem spezifischen Gewichte des Ozons ergeben hat, welches $1^1/_2$ mal so gross ist, als dasjenige des Sauerstoffs, weshalb das Moleculargewicht des Ozons gleich 48 ist, während dasjenige des Sauerstoffs gleich 32. Die Erklärung der Erscheinung, dass bald zwei, bald mehr Atome desselben Elementes zu einem Molecül vereinigt sind, ist mit Hülfe der im vorletzten Kapitel angestellten Betrachtungen leicht zu geben, und es sind bereits die Formeln für die Molecüle des Ozons (pag. 335), des Arsens und Phosphors (pag. 336) mitgetheilt. Ferner können wir nach den Erörterungen des letzten Kapitels annehmen, dass in Folge des Verschwindens der Affinitäten der Quecksilber- und Kadmiumatome bei höherer Temperatur eine Isolirung der Atome dieser Metalle herbeigeführt wird, wodurch die Atome in Molecüle übergeführt werden, nämlich in die kleinsten, im freien Zustande existirenden Theilchen. Dass dem Atom Quecksilber unter gewöhnlichen Umständen zwei Affinitäten zukommen, ist unzweifelhaft, denn es existiren ja Verbindungen des Quecksilbers mit zwei Atomen einwerthiger Elemente; diese Affinitäten besitzt das Quecksilber aber nur bei verhältnissmässig niederer Temperatur und nicht bei derjenigen Temperatur, bei welcher seine Dampfdichte bestimmt werden muss, um daraus auf das Moleculargewicht schliessen zu können; das Gleiche gilt für das Kadmium.

Allotropie.

Wir haben bereits in der Einleitung zur ersten Abtheilung (pag. 47) die Erscheinung der Allotropie erwähnt, können nun aber, gestützt auf unsere nunmehrige Kenntniss der Molecüle, Atome und Bindungsverhältnisse der letzteren, eine Erklärung dieser höchst interessanten Thatsache versuchen.

Bei der Besprechung der Metalloide sind wir mit mehreren Elementen bekannt geworden, welche in verschiedenen allotropischen Zuständen existiren können. Am einfachsten liegen die Verhältnisse beim Sauerstoff, der in Form gewöhnlichen oder inactiven und in Form sog. activen Sauerstoffs bekannt ist. Wir wissen auch, dass die Verschiedenheit dieser beiden Sauerstoffmodificationen in der verschiedenen Grösse des Moleculargewichtes ihren Grund hat, da letztere eine abweichende Verbindung der einzelnen Atome zur Folge hat. Während im Molecül des gewöhnlichen Sauerstoffs beide Atome mit je zwei Affinitäten an einander gebunden sind, verbinden sich die einzelnen Atome im Ozonmolecül nur mit je einer Affinität, wie aus den beiden folgenden Formeln ersichtlich:

```
Θ=Θ                      Θ—Θ
inactiver Sauerstoff.     \ /
                           Θ
               activer Sauerstoff oder Ozon.
```

Wenn wir bei dem Sauerstoff den Grund der Verschiedenheit der allotropischen Modificationen in einem verschiedenen Moleculargewicht gefunden haben, so haben wir einige Berechtigung, dies auch bei anderen Elementen zu thun. So könnten wir z. B. den Molecülen der beiden Phosphormodificationen folgende Formeln geben:

```
P=P            P=P—P
|  |           |    ||
P=P            P=P—P
weisser Phosphor;  rother Phosphor.
```

Den drei Modificationen des Kohlenstoffs würden folgende Formeln gegeben werden können:

```
Θ≡Θ                    Θ=Θ         Θ=Θ=Θ
amorpher Kohlenstoff;  ||  ||      ||    ||
                       Θ—Θ         Θ=Θ=Θ
                       Graphit;    Diamant.
```

Ob zwar die Verhältnisse der Moleculargrössen bei diesen festen Körpern so einfach sind, können wir nicht behaupten, wie ja überhaupt die Uebertragung der beim Sauerstoff gefundenen

Erklärung auf die Allotropie anderer Elemente keineswegs mehr als die Folge einer Hypothese ist; es scheinen die Verhältnisse im Gegentheil bei den festen Elementen noch complicirter zu sein.

Molecülverbindungen.

Es erübrigt noch eine Klasse von Verbindungen kennen zu lernen, welche man Molecülverbindungen nennt. Wir haben in der Einleitung zu dieser zweiten Abtheilung (pag. 304) gezeigt, dass die spezifisch-chemischen Kräfte von den Atomen ausgehen und es folgt daraus, dass alle wahren chemischen Verbindungen durch solche von den Atomen ausgehenden Anziehungskräfte zusammengehalten werden. Dieser Satz muss eine Einschränkung erfahren, da es Verbindungen giebt, welche nicht durch die Affinitäten der Atome zusammengehalten werden, sondern deren einzelne Theile sich als fertige Molecüle mit einander verbunden haben. Während nun die Atome als die Bestandtheile jener Molecüle in Folge der Wirkung ihrer Affinitäten an einander hängen, kommt die Vereinigung der Molecüle selbst ohne Mitwirkung von atombindenden Kräften oder Affinitäten zu Stande, sondern nur in Folge von, zwischen den fertigen Molecülen wirkenden, Anziehungskräften, welche ihrerseits allerdings abhängig sind von der jeweiligen Natur der den Atomen der Verbindungen zukommenden Affinitäten.

Solche Molecülverbindungen sind ebenso nach festen Verhältnissen zusammen gesetzt, wie die Atomverbindungen; dieselben sind sehr häufig, denn alle Krystallwasser enthaltenden Salze sind Molecülverbindungen nach festen Verhältnissen; auch Salmiak, Phosphorsuperchlorid, Schwefelammonium und viele organische Verbindungen gehören in diese Klasse von Verbindungen. Salmiak ist eine Verbindung der beiden Molecüle NH_3 und HCl, Phosphorsuperchlorid enthält die beiden Molecüle PCl_3 und Cl_2 und Schwefelammonium setzt sich aus den drei Molecülen NH_3, NH_3 und H_2S zusammen, denn seine Formel ist $(NH_4)_2S$.

Ausser den Molecülverbindungen nach festen Verhältnissen, sind diejenigen nach veränderlichen Verhältnissen von grosser Wichtigkeit, dahin gehören die Lösungen, Mischungen, Legirungen und Absorptionen; überhaupt sind alle Verbindungen nach veränderlichen Verhältnissen Molecülverbindungen. Die Molecülverbindungen nach festen Verhältnissen, welche für den Chemiker besonderes Interesse haben, sind meist leicht zersetzbar, zerfallen z. B. beim blossen Erhitzen in die sie zusammensetzenden Molecüle, sind also bei höherer Temperatur nicht beständig.

Am auffälligsten ist diese Erscheinung bei den Krystallwasser

enthaltenden Salzen. Erhitzt man solche Salze nur auf 100° C. so verlieren sie meist ihr Krystallwasser vollständig; aber auch schon bei niederer Temperatur, selbst unter Wasser, können manche Verbindungen der Salzmolecüle mit Wassermolecülen nicht bestehen; je niedriger jedoch die Temperatur ist, desto leichter bilden sich diese Verbindungen und es ist sogar bei einigen Salzen nachgewiesen, dass mit abnehmender Temperatur der Krystallwassergehalt der aus einer Lösung sich abscheidenden Salzkrystalle zunimmt. Lässt man die Lösung des schwefelsauren Manganoxyduls bei einer Temperatur unter 15° C. krystallisiren, so scheiden sich Krystalle von der Formel

$$MnSO_4 + 7H_2O$$

aus. Die bei einer Temperatur zwischen 15° C. und 30° C. abgeschiedenen Krystalle haben die Zusammensetzung, welche der Formel

$$MnSO_4 + 5H_2O$$

entspricht; bei noch höherer Temperatur kann sich schliesslich wasserfreies schwefelsaures Manganoxydul ausscheiden.

Aehnliches Verhalten zeigen noch mehrere Salze.

Die andern genannten Molecülverbindungen nach festen Verhältnissen, Salmiak, Phosphorsuperchlorid, Schwefelammonium etc., zerfallen ebenfalls beim Erhitzen in mehrere Molecüle; so entsteht beim Vergasen des Salmiaks ein Gemisch von Ammoniak und Salzsäure, indem sich NH_4Cl spaltet in NH_3 und HCl. Versucht man Phosphorsuperchlorid vollständig in Gasform zu überführen, so erhält man ein Gemisch von Phosphorchlorür, PCl_3, und Chlor, Cl_2; ebenso zerfällt Schwefelammonium beim Erhitzen in Ammoniak und Schwefelwasserstoff.

Bemerkenswerth für diese Art von Molecülverbindungen ist die Eigenschaft, dass sie sich direct aus ihren Bestandtheilen zusammensetzen können, und immer gebildet werden, sobald ihre Bestandtheile unter den geeigneten Bedingungen zusammen kommen, dass z. B. Schwefelammonium durch directe Vereinigung von Ammoniak und Schwefelammonium gebildet werden kann und leicht entsteht, wenn Ammoniak und Schwefelwasserstoff bei niedriger Temperatur mit einander in Berührung sind. Diese Eigenschaft besitzen nicht alle Molecülverbindungen; wir werden bei den organischen Verbindungen einige Molecülverbindungen, die sich nicht direct aus ihren Bestandtheilen bilden können, kennen lernen.

Metamorphosen der organischen Verbindungen.

Wir haben bereits erwähnt, dass die Mannigfaltigkeit der Verbindungsverhältnisse weniger Elemente die Beweglichkeit der Bestandtheile der Molecüle organischer Verbindungen bedingt, womit die grosse Zahl der Zersetzungen, die ein und derselbe Körper unter verschiedenen Bedingungen erleiden kann, erklärt wird. Je complicirter zusammengesetzt eine Verbindung ist, desto grösser ist auch die Anzahl der Angriffspunkte, welche dieselbe chemischen Einwirkungen darbietet. Bei einer jeden solchen Zersetzung bleibt ein Theil der Verbindung unangegriffen, findet sich also als Bestandtheil der neu entstandenen Verbindung wieder und kann unter Umständen auch bei der Zersetzung dieser erhalten bleiben, demnach in das zweite Umwandlungsproduct übergehen; so kann eine organische Verbindung eine Reihe von verschiedenen Zersetzungen erleiden, bei welchen immer derselbe Theil unangegriffen bleibt. Andere chemische Einwirkungen sind jedoch im Stande, auch diesen meist unangegriffen bleibenden Theil zu zersetzen.

Eine ganz besondere Wichtigkeit haben bei den organischen Verbindnngen die Synthesen, welche oft unter Mitwirkung höchst complicirt zusammengesetzter Verbindungen zu Stande kommen. Auch bei dieser Art von chemischen Prozessen ist unter den organischen Verbindungen viel grössere Mannigfaltigkeit möglich als unter den anorganischen, da die directe Vereinigung mehrerer Molecüle zu Atomverbindungen von einer Verschiebung der Atome in jedem einzelnen Molecüle begleitet ist und die Art jener Verschiebung bei der grösseren Anzahl von Atomen in dem Molecül einer organischen Verbindung viel mannigfaltiger sein kann.

Wir werden die eigenthümliche Natur der organischen Ver-

bindungen am besten verstehen lernen, wenn wir einige Beispiele von Zersetzungen betrachten. Wir wollen dabei von den einfachsten Zersetzungen ausgehen und allmählig zu den complicirteren übergehen.

Wir beginnen mit der

Substitution.

Unter Substitution versteht man die directe Ersetzung eines Atoms Wasserstoff durch ein anderes einwerthiges Atom oder eine einwerthige Atomengruppe, welche Ersetzung mehrere oder alle Wasserstoffatome einer Verbindung erfahren können.

Der durch solchen Ersatz erhaltene Körper wird das Substitutionsproduct genannt.

Neben der gewöhnlichen Substitution spielt die indirecte Substitution noch eine grosse Rolle, durch welche nach einer mehr oder weniger langen Reihe von Zersetzungen der Ersatz irgend eines Atoms in einer organischen Verbindung durch ein anderes Atom oder eine gleichwerthige Gruppe bewirkt wird.

Am einfachsten ist die Substitution von Wasserstoff durch Chlor, Brom, Jod oder den Rest $N\Theta_2$ der Salpetersäure.

Chlorsubstitutionsproducte.

Lässt man Chlorgas auf organische Körper einwirken, entweder im Sonnenlicht oder im Dunkeln, in der Wärme oder in der Kälte, entweder als fertiges Gas oder im Entstehungsmoment, so bilden sich häufig organische Verbindungen, welche Chlor enthalten und sich in ihrer Zusammensetzung von der Substanz, aus der sie entstanden sind, lediglich dadurch unterscheiden, dass sie weniger Wasserstoffatome enthalten, dafür aber genau ebenso viel mehr Chloratome.

Leitet man die beiden Gase, Chlor und Aethylwasserstoff, C_2H_6, zusammen in eine Glasflasche und setzt das Gasgemisch dem Sonnenlicht aus, so bildet sich, neben Salzsäure, eine Verbindung von der Formel C_2H_5Cl, das sogen. Aethylchlorid. Der Prozess verläuft nach folgender Gleichung:

$$\mathrm{C}_2H_6 + Cl_2 = \mathrm{C}_2H_5Cl + HCl.$$

Mit dieser Zersetzung ist jedoch die substituirende Wirkung des Chlors auf Aethylwasserstoff noch nicht beschlossen; ist bei dem erwähnten Versuch ein Ueberschuss an Chlor vorhanden oder lässt man Chlor auf Aethylchlorid einwirken, so entsteht zunächst eine chlorreiche Verbindung, das sogen. Aethylidenchlorid oder Monochloräthylchlorid und zwar nach folgender Gleichung:

$$C_2H_5Cl + Cl_2 = C_2H_4Cl_2 + HCl$$
Aethylchlorid — Monochloräthylchlorid.

Es reihen sich hier nun noch eine Anzahl ganz analoger Zersetzungen an, welche alle in demselben Sinne eine Einwirkung von Chlor auf die erstgenannten Producte darstellen. Es lassen sich dafür folgende Zersetzungsgleichungen aufstellen:

$$C_2H_4Cl_2 + Cl_2 = C_2H_3Cl_3 + HCl$$
Monochloräthylchlorid — Dichloräthylchlorid

$$C_2H_3Cl_3 + Cl_2 = C_2H_2Cl_4 + HCl$$
Dichloräthylchlorid — Trichloräthylchlorid

$$C_2H_2Cl_4 + Cl_2 = C_2HCl_5 + HCl$$
Trichloräthylchlorid — Tetrachloräthylchlorid

$$C_2HCl_5 + Cl_2 = C_2Cl_6 + HCl$$
Tetrachloräthylchlorid — fester Chlorkohlenstoff.

Die ganze Reihe von Zersetzungen, welche succesive verlaufen, führt also von der Verbindung Aethylwasserstoff, C_2H_6, zum festen Chlorkohlenstoff, C_2Cl_6, und wenn sie auch bei dieser Darstellung getrennt sind, so verlaufen dieselben doch meist neben einander, so dass es äusserst schwierig ist, ein Product allein zu erhalten. Leitet man Chlorgas und Aethylwasserstoff zusammen in ein belichtetes Glas, so bilden sich immer mehrere Substitutionsproducte des letzteren Stoffes; ist Aethylwasserstoff im Ueberschuss, so entstehen meist die chlorärmeren, während bei Ueberschuss von Chlor hauptsächlich die chlorreicheren Producte erhalten werden. Dieser Umstand erschwert die Reindarstellung der Substitutionsproducte auf diesem directen Wege sehr. Nur das Product der am weitesten gehenden Substitution ist öfters leicht direct ganz rein zu erhalten.

Die Benennung dieser Chlorsubstitutionsproducte ist zu beachten; sie deutet die nahe Verwandtschaft der einzelnen Körper unter einander an. Da dieselbe in etwas von der bei den anorganischen Verbindungen gebrauchten Nomenclatur abweicht, so wollen wir sie etwas näher betrachten.

Bei den anorganischen Verbindungen bedeutet ein durch Aneinanderreihung der Namen mehrerer Elemente oder eines Elementes und einer Verbindung gebildete Namen, eine Substanz, welche jene Stoffe sämmtlich enthält; so ist Chlorwasserstoff eine Verbindung von Chlor und Wasserstoff.

Die einwerthige Atomengruppe C_2H_5 nennt man Aethyl, und

ihre Chlorverbindung Chloräthyl oder Aethylchlorid; während man also hier die bei den anorganischen Verbindungen gebrauchte Nomenclatur anwendet, weicht man von derselben bei den Substitutionsproducten dieses Körpers ab. Man ist in dieser Abweichung jedoch consequent und bezeichnet eine durch Substitution entstandene Verbindung stets in der Weise, dass man den Namen der substituirenden Substanz vor den Namen der Muttersubstanz setzt, so zwar, dass auch noch durch die Vorzeichen Mono, Di, Tri etc., überhaupt durch die griechischen Benennungen der Zahlen, die Anzahl der in die Verbindung eingetretenen Atome des substituirenden Elementes oder die Anzahl der in die Verbindung substituirend eingetretenen Atomengruppen bezeichnet wird. In diesem Sinne sind die Namen der obenerwähnten Verbindungen zu verstehen.

Dass man in dem erwähnten Falle der Substitution von Wasserstoff im Aethylwasserstoff durch Chlor bei der Benennung nicht vom Aethylwasserstoff, sondern vom Aethylchlorid ausgeht und die Verbindungen nicht folgendermaassen benennt:

$Є_2H_5Cl$ Monochloräthylwasserstoff
$Є_2H_4Cl_2$ Dichloräthylwasserstoff
$Є_2H_3Cl_3$ Trichloräthylwasserstoff
$Є_2H_2Cl_4$ Tetrachloräthylwasserstoff
$Є_2H\,Cl_5$ Pentachloräthylwasserstoff

hat seinen Grund darin, weil man diese Verbindungen zuerst aus dem Chloräthyl oder Aethylchlorid, welches auch auf andere Weise, als durch Substitution von Wasserstoff im Aethylwasserstoff erhalten werden kann, dargestellt und erst nachher ihre Bildung aus letzterer Verbindung kennen gelernt hat.

Die **Essigsäure** hat die Formel $Є_2H_4\Theta_2$ und enthält drei Atome Wasserstoff, welche bei der directen Einwirkung von Chlorgas in einem vom directen Sonnenlichte beschienenen Glase durch Chloratome substituirt werden können, während das vierte Atom Wasserstoff diese Substitution nicht erfahren kann. Man erhält die drei folgenden Producte:

$Є_2H_3Cl_2\Theta_2$, **Monochloressigsäure**
$Є_2H_2Cl_2\Theta_2$, **Dichloressigsäure**
$Є_2H\,Cl_3\Theta_2$, **Trichloressigsäure**,

nach den Gleichungen:

$$\underset{\text{Essigsäure}}{Є_2H_4\Theta_2} + Cl_2 = \underset{\text{Monochloressigsäure}}{Є_2H_3Cl\Theta_2} + HCl$$

$$\underset{\text{Monochloressigsäure}}{Є_2H_3Cl\Theta_2} + Cl_2 = \underset{\text{Dichloressigsäure}}{Є_2H_2Cl_2\Theta_2} + HCl$$

$$Ꞓ_2H_2Cl_2Θ_2 + Cl_2 = Ꞓ_2HCl_3Θ_2 + HCl$$
Dichloressigsäure Trichloressigsäure.

Bezüglich der Bildung der einzelnen Producte neben einander gilt hier das Gleiche wie bei den Substitutionsproducten des Aethylwasserstoffs, insofern immer mehrere derselben zugleich entstehen.

Erwärmt man Benzoësäure, eine Verbindung von der Formel $Ꞓ_7H_6Θ_2$, mit concentrirter Salzsäure und setzt chlorsaures Kali zu, so wirkt das aus den beiden letzteren Körpern freiwerdende Chlor im Entstehungsmoment substituirend auf die Benzoësäure und es entsteht die sogen. Chlorbenzoësäure $Ꞓ_7H_5ClΘ_2$ nach der Formel:

$$Ꞓ_7H_6Θ_2 + 2Cl = Ꞓ_7H_5ClΘ_2 + HCl$$
Benzoësäure Chlorbenzoësäure.

Das gleichzeitige Auftreten von Salzsäure neben den verschiedenen Substitutionsproducten ist bemerkenswerth; es zeigt uns, dass der substituirte Wasserstoff an ein anderes Atom des substituirenden Elementes gebunden ist. Ueberhaupt sehen wir ja immer Molecüle Chlor einwirken, denn in allen angeführten Zersetzungsgleichungen ist Cl_2, also ein Molecül Chlor, als die substituirende Menge bezeichnet. Dieses Molecül Chlor theilt sich in zwei Atome, deren eines der Verbindung den Wasserstoff entzieht, während das andere an die dadurch freigewordene Stelle im Molecül der betreffenden Verbindung tritt. Wir sehen ebenfalls unmittelbar, dass substituirende Elemente in den Substitutionsproducten immer an derselben Stelle stehen, wo vorher der substituirte Wasserstoff gestanden hat.

Es lassen sich nach dem Gesagten die Substitutionsprozesse folgendermaassen beschreiben:

$Ꞓ_2H_5$ / H	Cl / Cl	Vor der Zersetzung;	Bildung des Aethylchlorids aus Aethylwasserstoff durch Einwirkung von Chlorgas.
$\dfrac{Ꞓ_2H_5}{H}$	$\dfrac{Cl}{Cl}$	Nach der Zersetzung;	
$Ꞓ_2H_3Θ_2$ / H	Cl / Cl	Vor der Zersetzung;	Bildung von Monochloressigsäure durch Einwirkung von Chlor auf Essigsäure.
$\dfrac{Ꞓ_2H_3Θ_2}{H}$	$\dfrac{Cl}{Cl}$	Nach der Zersetzung;	
$Ꞓ_7H_5Θ_2$ / H	Cl / Cl	Vor der Zersetzung;	Bildung von Chlorbenzoësäure durch Einwirkung von Chlor in statu nascendi auf Benzoësäure.
$\dfrac{Ꞓ_7H_5Θ_2}{H}$	$\dfrac{Cl}{Cl}$	Nach der Zersetzung;	

Wir haben hier die beiden wichtigsten Methoden der directen Bildung der Chlorsubstitutionsproducte kennen gelernt und es bleibt nur noch zu erwähnen, dass man manchmal, zur Einleitung der Einwirkung des Chlors auf die betreffende Substanz, letzterer etwas Jod zusetzt oder dieselbe erhitzt und eventuell in Dampfform mit dem Chlor zusammenbringt.

Zu bemerken ist der wesentliche Einfluss des directen Sonnenlichtes auf die Raschheit und Intensität der Einwirkung.

Bromsubstitutionsproducte.

In ganz analoger Weise wie das Chlor, wenn auch schwächer, wirkt das Brom substituirend auf viele organische Verbindungen. Da Brom ein einwerthiges Element ist, so kann ein Atom Brom an die Stelle von einem Atom Wasserstoff treten.

Vermischt man Brom und Benzol, so erfolgt nach kurzer Zeit eine heftige Reaction, es entwickeln sich stark rauchende Dämpfe von Bromwasserstoff und es bildet sich eine bromhaltige organische Verbindung, welche sich in ihrer Zusammensetzung von dem Benzol nur durch den Mindergehalt von einem Atom Wasserstoff und den Mehrgehalt von einem Atom Brom unterscheidet.

Die Zersetzung verläuft nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Benzol}}{C_6H_6} + Br_2 = \underset{\text{Brombenzol}}{C_6H_5Br} + HBr$$

Man ist nun im Stande, im Brombenzol noch mehrere der vorhandenen fünf Atome Wasserstoff durch Brom vertreten zu lassen und beobachtet man hierbei dasselbe, was schon bei der substituirenden Einwirkung des Chlors auf Aethylchlorid beschrieben worden ist.

Die Essigsäure giebt ebenfalls bei der Einwirkung von Brom ein Atom Wasserstoff ab und nimmt dafür ein Atom Brom auf; bei weiterer Einwirkung von Brom wird auch noch ein zweites Atom Wasserstoff der Essigsäure durch Brom ersetzt. Die zuerst entstandene Verbindung ist der Monochloressigsäure analog zusammengesetzt und wird Monobromessigsäure genannt; sie entsteht nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Essigsäure}}{C_2H_4O_2} + Br_2 = \underset{\text{Monobromessigsäure.}}{C_2H_3BrO_2} + HBr$$

Die Dibromessigsäure entsteht aus der Monobromessigsäure durch weitere substituirende Einwirkung von Brom und zwar nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Monobromessigsäure.}}{C_2H_3BrO_2} + Br_2 = \underset{\text{Dibromessigsäure.}}{C_2H_2Br_2O_2} + HBr$$

Noch auf eine ganze Reihe von organischen Verbindungen wirkt das Brom in analoger Weise ein.

Man wendet das Brom meist flüssig und in trockenem Zustande an, übrigens ist auch häufig eine Vermischung des Broms mit Wasser am Platze, einmal um die Einwirkung des Broms zu mässigen, ein andermal um sie überhaupt möglich zu machen.

Die Bernsteinsäure wird von trockenem Brom sehr lebhaft angegriffen, will man aber Bromsubstitutionsproducte derselben darstellen, so vermischt man die Säure mit Wasser und Brom und erhitzt das Gemenge auf 180° C., was wegen der Flüchtigkeit des Broms bei einer viel niedrigeren Temperatur, in einem geschlossenen Gefässe, am besten in einer dickwandigen Glasröhre, die man nach dem Füllen zuschmilzt, geschehen muss. Je nach der Menge von Wasser im Verhältniss zum Brom und der Bernsteinsäure erhält man mehr Monobrombernsteinsäure oder Dibrombernsteinsäure, so zwar, dass bei Gegenwart von weniger Wasser das bromreichere Substitutionsproduct gebildet wird.

Die Formeln der drei genannten Verbindungen sind folgende:

$\Theta_4H_6\Theta_4$, Bernsteinsäure,
$\Theta_4H_5Br\Theta_4$, Monobrombernsteinsäure,
$\Theta_4H_4Br_2\Theta_4$, Dibrombernsteinsäure.

Hier wirkt also das Wasser abschwächend, während es in andern Fällen das Eintreten einer Reaction ermöglicht. Bringt man trocknes Brom mit trocknem Aethylchlorid zusammen, so bedarf es schon einer sehr hohen Temperatur, bis eine Einwirkung beginnt; vermischt man aber die beiden genannten Substanzen noch mit Wasser, so wird schon bei gewöhnlicher Temperatur im directen Sonnenlicht eine Einwirkung erfolgen. Es entsteht in beiden Fällen dieselbe Verbindung: Θ_2H_4BrCl, Monobromäthylchlorid.

Jodsubstitutionsproducte.

Jod kann auch an Stelle von Wasserstoff in einer organischen Verbindung substituirt werden, wirkt übrigens zu schwach ein und kann deshalb nur in den seltensten Fällen direct in eine organische Verbindung eingeführt werden; ausserdem wirkt der bei einer directen Jodsubstitution entstandene Jodwasserstoff zersetzend auf das gebildete Substitutionsproduct ein, indem wieder die ursprüngliche Verbindung regenerirt und Jod ausgeschieden wird. Bringt man jedoch irgend eine Substanz hinzu, welche den gebildeten Jodwasserstoff zerstört, wie z. B. Jodsäure, so findet die Bildung von Jodsubstitutionsproducten statt.

Erhitzt man ein Gemisch von Benzol, Jod und Jodsäure

in den abgewogenen Mengen mit einander auf etwas über 200° C., so bildet sich Jodbenzol; aus C_6H_6, Benzol, entsteht C_6H_5J, Monojodbenzol, nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Benzol}}{5C_6H_6} + 2J_2 + \underset{\text{Jodsäure}}{JO_3H} = \underset{\text{Monojodbenzol.}}{5C_6H_5J} + 3H_2O$$

Nach dieser Methode lassen sich noch eine grosse Anzahl von Jodsubstitutionsproducten darstellen.

Während bei allen übrigen Substitutionen neben dem Substitutionsproduct eine Verbindung von Wasserstoff mit dem Substitutionselement entsteht, bildet sich hierbei kein Jodwasserstoff, wodurch gerade die Substitution selbst möglich wird.

Nitrosubstitutionsproducte.[1]

Auch Salpetersäure erzeugt Substitutionsproducte, die sogen. Nitrosubstitutionsproducte, wenn sie auf gewisse organische Verbindungen einwirkt.

Man nennt die Erzeugung solcher Verbindungen das Nitriren. Die Salpetersäure wirkt auf organische Verbindungen meistens oxydirend ein und nitrirt nur im Zustande stärkster Concentration. Da beim Nitriren stets Wasser entsteht, so muss natürlich die nitrirende Wirkung der Salpetersäure in dem Maasse abnehmen, als die Menge des entstandenen Nitrosubstitutionsproductes, und damit auch diejenige des Wassers, zunimmt. Um den schädlichen Einfluss des bei der Nitrirung entstehenden Wassers zu beseitigen, setzt man oft concentrirte Schwefelsäure, welche das gebildete Wasser aufnimmt, hinzu; man thut dies namentlich bei schwer nitrirbaren Stoffen.

Die Zersetzung bei der Nitrirung ist nur zum Theil der eigentlichen Substitution analog, denn während bei letzterer ausser dem Substitutionsproducte immer noch die Wasserstoffverbindung des Substitutionselementes entsteht, verbindet sich der bei der Nitrirung aus der organischen Verbindung austretende Wasserstoff mit einem Bestandtheil der Salpetersäure, der verschieden ist von demjenigen, welcher in die organische Verbindung eintritt.

Ein Beispiel wird den Unterschied hervortreten lassen.

Mischt man Benzol allmählig mit starker Salpetersäure, so erwärmt sich die Masse und es entsteht eine wohlriechende Verbindung, das Nitrobenzol, dessen Formel sich von derjenigen des Benzols dadurch unterscheidet, dass die Atomgruppe NO_2 an Stelle eines Atoms Wasserstoffs darin enthalten ist. Die Verbindung entsteht nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Benzol}}{C_6H_6} + NO_3H = \underset{\text{Nitrobenzol}}{C_6H_5NO_2} + HOH$$

Die Aehnlichkeit und der Unterschied mit der Bildung des Brombenzol tritt in der folgenden Zusammenstellung hervor:

$\text{Є}_6\text{H}_5$	Br	Vor der Zersetzung,	Bildung des Monobrombenzols bei Einwirkung von Brom auf Benzol;
H	Br		
$\text{Є}_6\text{H}_5$	Br	Nach der Zersetzung,	
H	Br		
$\text{Є}_6\text{H}_5$	NΘ_2	Vor der Zersetzung,	Bildung des Nitrobenzols bei Einwirkung von starker Salpetersäure auf Benzol.
H	ΘH		
$\text{Є}_6\text{H}_5$	NΘ_2	Nach der Zersetzung,	
H	ΘH		

Uebrigens bleibt die nitrirende Wirkung der Salpetersäure hierbei nicht stehen, sondern man kennt auch Dinitro- und Trinitroverbindungen; allerdings hat man in der Regel bei deren Darstellung die nitrirende Wirkung der Salpetersäure durch concentrirte Schwefelsäure zu verstärken.

So erhält man aus dem flüssigen Nitrobenzol durch gleichzeitige Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure und Salpetersäure das feste Binitrobenzol, welches nach der Formel $\text{Є}_6\text{H}_4(\text{NΘ}_2)_2$ zusammengesetzt ist. Das Binitrobenzol entsteht nach folgender Gleichung:

$$\text{Є}_6\text{H}_5\text{NΘ}_2 + \text{NΘ}_3\text{H} = \text{Є}_6\text{H}_4(\text{NΘ}_2)_2 + \text{HΘH}.$$

Sulfoderivate.

In einigen Fällen ist auch die Schwefelsäure im Stande, eine Substitution von Wasserstoff in einer organischen Verbindung zu bewirken.

Lässt man concentrirte, recht starke Schwefelsäure längere Zeit mit Benzol in Berührung und erwärmt ein wenig, so vermischen sich beide Flüssigkeiten; es ist alsdann eine Verbindung entstanden, welche sich in ihrer Zusammensetzung nur um den Mehrgehalt von SΘ_3 vom Benzol unterscheidet. Die Bildung dieser Verbindung ist ganz ähnlich derjenigen des Nitrobenzols und wird dargestellt durch folgende Gleichung:

$\text{Є}_6\text{H}_5$	$\text{SΘ}_3\text{H}$	Vor der Zersetzung,
H	ΘH	
$\text{Є}_6\text{H}_5$	$\text{SΘ}_3\text{H}$	Nach der Zersetzung.
H	ΘH	

Der chemische Charakter der entstandenen Verbindung, welche Benzolsulfosäure genannt wird, ist zwar von demjenigen des

Nitrobenzols verschieden, es ist jedoch seine Entstehung nichtsdestoweniger als die Folge einer Substitution anzusehen.

Auch das **Phenol**, C_6H_6O, liefert bei der Einwirkung von Schwefelsäure eine Sulfosäure, die **Phenolsulfosäure**, $C_6H_5OSO_3H$, welche nach folgender Gleichung entsteht:

$$\left.\begin{array}{c|c} C_6H_5O & SO_3H \\ H & OH \end{array}\right\} \text{Vor der Zersetzung,}$$

$$\left.\begin{array}{cc} C_6H_5O & SO_3H \\ \hline H & OH \end{array}\right\} \text{Nach der Zersetzung.}$$

Die Benennung dieser Verbindungen ist etwas abweichend von derjenigen der anderen Substitutionsproducte, weil der chemische Charakter derselben die Bezeichnung als Säuren nöthig macht; es wird jedoch auch die Nomenclatur dieser Verbindungen ähnlich eingerichtet, wie die der anderen Substitutionsproducte.

So nennt man diejenigen Körper, welche die Gruppe **Sulfuroxyl**, SO_3H, zweimal enthalten, **Disulfosäuren**.

Erwärmt man **Benzolsulfosäure** mit rauchender Schwefelsäure, so entsteht die sog. **Benzoldisulfosäure**, welche sich in ihrer Zusammensetzung von der Benzolsulfosäure durch den Mehrgehalt von SO_3 unterscheidet. Man erklärt die Entstehung, indem man die Substitution von Wasserstoff in der Benzolsulfosäure durch Sulfuroxyl annimmt. Folgendes Schema erklärt die Bildung der Benzoldisulfosäure:

$$\left.\begin{array}{c|c} C_6H_4SO_3H & SO_3H \\ H & OH \end{array}\right\} \text{Vor der Zersetzung,}$$

$$\left.\begin{array}{cc} C_6H_4SO_3H & SO_3H \\ \hline H & OH \end{array}\right\} \text{Nach der Zersetzung.}$$

Demnach wäre die Formel der Benzoldisulfosäure:

$$C_6H_4\begin{array}{l} SO_3H \\ SO_3H \end{array} \quad \text{oder} \quad C_6H_4 2(SO_3H)$$

Die Beispiele der Substitution von Wasserstoff in organischen Verbindungen durch Sulfuroxyl liessen sich noch beträchtlich vermehren.

Umgekehrte Substitution.

Die umgekehrte Substitution nennt man die Rückwärtsbildung der ursprünglichen Substanzen aus ihren Substitutionsproducten, oder den Ersatz von Chlor, Brom oder Jod durch Wasserstoff.

Die umgekehrte Substitution kann entweder durch Einwirkung von Wasserstoff im Entstehungsmoment oder von anderen reducirend wirkenden Körpern zu Stande gebracht werden.

Wird Trichloressigsäure in wässeriger Lösung mit Natriumamalgam zusammengebracht, so entsteht Essigsäure. Durch Einwirkung des Natriums im Natriumamalgam auf das Wasser wird zunächst Wasserstoff abgeschieden, welcher im Entstehungsmoment auf die Trichloressigsäure nach folgender Gleichung einwirkt:

$$\underset{\text{Trichloressigsäure}}{C_2HCl_3O_2} + 6H = \underset{\text{Essigsäure.}}{C_2H_4O_2} + 3HCl$$

Bringt man feuchtes Trichloräthylchlorid mit fein zertheiltem Zink zusammen und säuert mit einigen Tropfen Salzsäure an, so wird eine theilweise Rückwärtssubstitution durch den aus dem Wasser mit Hülfe des Zinks abgeschiedenen Wasserstoff bewirkt. Die Zersetzung verläuft nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Trichloräthylchlorid}}{C_2H_2Cl_4} + 4H = \underset{\text{Aethylenchlorid.}}{C_2H_4Cl_2} + 2HCl$$

Dass hierbei nicht die auf pag. 348 angeführte Verbindung, das Monochloräthylchlorid, $C_2H_4Cl_2$, sondern das demselben isomere Aethylenchlorid entsteht, ist von besonderem Interesse, kann aber hier noch nicht beleuchtet werden, da wir lediglich die Rückwärtssubstitution von Chlor durch Wasserstoff berücksichtigen, welche bei der genannten Zersetzung stattfindet.

Die Bibrombernsteinsäure ist die zweifach bromsubstituirte Bernsteinsäure und hat die Formel $C_4H_4Br_2O_4$, während der Bernsteinsäure selbst die Formel $C_4H_6O_4$ zukommt. Diese Bibrombernsteinsäure wird durch Einwirkung von Natriumamalgam in Bernsteinsäure verwandelt, in Folge einer Rückwärtssubstitution, welche nach folgender Gleichung verläuft:

$$\underset{\text{Bibrombernsteinsäure}}{C_4H_4Br_2O_4} + 4H = \underset{\text{Bernsteinsäure.}}{C_4H_6O_4} + 2HBr$$

Die drei isomeren Säuren Itabibrombrenzweinsäure, Citrabibrombrenzweinsäure und Mesabibrombrenzweinsäure, welchen die empirische Formel $C_5H_6Br_2O_4$ zukommt, liefern bei der Berührung mit Wasser und Natriumamalgam dieselbe Säure durch Rückwärtssubstitution, nämlich Brenzweinsäure, nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Ita-, Citra-, Mesabibrombrenzweinsäure}}{C_5H_6Br_2O_4} + 4H = \underset{\text{Brenzweinsäure.}}{C_5H_8O_4} + 2HBr$$

Erhitzt man Monojodbenzol mit Jodwasserstoffsäure, so

scheidet sich Jod ab und Benzol wird gebildet. Auch diese Zersetzung ist eine Rückwärtssubstitution, welche nach folgender Gleichung verläuft:

$$\underset{\text{Monojodbenzol}}{C_6H_5J} + HJ = \underset{\text{Benzol.}}{C_6H_6} + 2J$$

Metamorphosen der organischen Verbindungen.

Vertretung von Sauerstoff durch Schwefel, Chlor oder Brom.

In gewissen organischen Verbindungen kann Sauerstoff durch Schwefel oder die Halogene vertreten werden, und zwar tritt dabei an Stelle von einem Atom Sauerstoff entweder ein Atom Schwefel oder zwei Atome Chlor, Brom oder Jod.

Leitet man Schwefelwasserstoffgas in Aldehyd, so entsteht der sogenannte Sulfaldehyd, der sich in seiner Zusammensetzung vom Aldehyd nur dadurch unterscheidet, dass er Schwefel enthält, während der Aldehyd sauerstoffhaltig ist. Folgende Gleichung drückt die Zersetzung aus:

$$\underset{\text{Aldehyd}}{C_2H_4O} + H_2S = \underset{\text{Sulfaldehyd.}}{C_2H_4S} + H_2O$$

Giesst man Aldehyd tropfenweise auf Phosphorsuperchlorid, so findet eine beträchtliche Erwärmung statt, es entweichen Dämpfe von Monochloräthylchlorid oder Aethylidenchlorid und gleichzeitig entsteht Phosphoroxychlorid. Die Zersetzung verläuft nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Aldehyd}}{C_2H_4O} + PCl_5 = \underset{\text{Aethyliden-chlorid.}}{C_2H_4Cl_2} + POCl_3$$

Es hat also hierbei eine Vertretung von Sauerstoff durch Chlor stattgefunden und zwar sind zwei Atome Chlor an die Stelle von einem Atom Sauerstoff getreten.

Bei der Einwirkung von Aceton auf Phosphorsuperchlorid verläuft dieselbe Reaction, indem sich neben Phosphoroxychlorid eine Substanz bildet, welche sich in ihrer Zusammensetzung nur dadurch vom Aceton unterscheidet, dass sie an Stelle von dessen Sauerstoff zwei Atome Chlor enthält. Man nennt diese Substanz Methylchloracetol; sie bildet sich nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Aceton}}{C_3H_6O} + PCl_5 = \underset{\text{Methylchlor-acetol.}}{C_3H_6Cl_2} + POCl_3$$

Lässt man Phosphorsuperbromid auf Aldehyd einwirken, so

wird der Sauerstoff des Aldehyds durch zwei Atome Brom ersetzt und es entsteht Aethylidenbromid nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Aldehyd}}{C_2H_4O} + PBr_5 = \underset{\text{Aethyliden-bromid.}}{C_2H_4Br_2} + POCl_3$$

Entziehung von Sauerstoff.

Eine directe Entziehung von Sauerstoff gelingt leicht durch Erhitzen mancher organischer Verbindungen mit Jodwasserstoff.

Erhitzt man Milchsäure mit concentrirter Jodwasserstoffsäure, so entsteht Propionsäure, Wasser und freies Jod. Die Propionsäure enthält ein Atom Sauerstoff weniger als die Milchsäure; es hat mithin eine Entziehung von Sauerstoff stattgefunden. Die Zersetzung verläuft nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Milchsäure}}{C_3H_6O_3} + 2HJ = \underset{\text{Propionsäure.}}{C_3H_6O_2} + H_2O + 2J$$

Eine ähnliche Zersetzung erleiden Weinsäure und Aepfelsäure beim Erhitzen mit concentrirter Jodwasserstoffsäure, indem sie beide in die sauerstoffärmere Bernsteinsäure übergehen. Aus der Weinsäure entsteht zunächst Aepfelsäure und aus dieser weiter Bernsteinsäure. Wendet man dagegen bei der Zersetzung der Weinsäure durch Jodwasserstoff einen grossen Ueberschuss der letzteren Säure an, so kann man direct zur Bernsteinsäure gelangen.

Folgende Gleichungen drücken die genannten Zersetzungen aus:

$$\underset{\text{Weinsäure}}{C_4H_6O_6} + 2HJ = \underset{\text{Aepfelsäure.}}{C_4H_6O_5} + H_2O + 2J$$

$$\underset{\text{Aepfelsäure}}{C_4H_6O_5} + 2HJ = \underset{\text{Bernsteinsäure.}}{C_4H_6O_4} + H_2O + 2J$$

$$\underset{\text{Weinsäure}}{C_4H_6O_6} + 4HJ = \underset{\text{Bernsteinsäure.}}{C_4H_6O_4} + 2H_2O + 4J$$

Durch Natriumamalgam lässt sich ebenfalls einer Reihe von Verbindungen Sauerstoff ohne Ersatz entziehen, so namentlich den Nitrosubstitutionsproducten.

Behandelt man Nitrobenzol mit Natriumamalgam, so entsteht das sog. Azobenzol und zwar in Folge des Austritts von Sauerstoff und gleichzeitiger Aneinanderlagerung der Reste von zwei Molecülen Nitrobenzol, nach folgender Gleichung:

$$2(\underset{\text{Nitrobenzol}}{C_6H_5NO_2}) + 8Na + 4H_2O = \underset{\text{Azobenzol.}}{(2C_6H_5N)} + 8NaOH$$

Ebenso entsteht aus der Nitrobenzoësäure die dem Azobenzol analoge Azobenzoësäure nach folgender Gleichung:

$$2(C_7H_5NO_2O_2) + 8Na + 4H_2O = (2C_7H_5NO_2) + 8NaOH$$

Nitrobenzoësäure — Azobenzoësäure.

Zuführung von Sauerstoff.

Die directe Vereinigung von Sauerstoff mit organischen Verbindungen ist eine sehr wichtige und häufige Reaction. Sehr leicht nehmen Aldehyde den Sauerstoff aus der Luft auf und verwandeln sich dabei in Säuren. Auch sind sie im Stande, gewissen Metalloxyden ihren Sauerstoff zu entziehen. Erwärmt man Aldehyd mit einer ammoniakalischen Lösung von salpetersaurem Silberoxyd, so scheidet sich metallisches Silber als Metallspiegel ab und die Flüssigkeit enthält alsdann Essigsäure; dabei hat der Aldehyd den Sauerstoff des Silberoxyds aufgenommen. Die Oxydation des Aldehyds verläuft nach folgender Gleichung:

$$C_2H_4O + O = C_2H_4O_2$$

Aldehyd — Essigsäure.

Directe Addition von Wasserstoff und den Halogenen.

Lässt man Wasserstoff im Entstehungsmoment auf manche organische Körper einwirken, so vereinigt er sich direct mit denselben, jedoch treten immer mindestens zwei Atome oder eine andere paare Anzahl von Atomen in die Verbindung ein.

So addiren sich zwei oder vier Atome Wasserstoff zu folgenden Körpern:

$$C_3H_6O + H_2 = C_3H_8O$$

Aceton — Isopropylalkohol.

$$C_4H_4O_4 + H_2 = C_4H_6O_4$$

Fumarsäure, Maleïnsäure — Bernsteinsäure.

$$C_5H_6O_4 + H_2 = C_5H_8O_4$$

Itaconsäure, Citraconsäure — Brenzweinsäure.

$$CHN + H_4 = CH_5N$$

Blausäure — Methylamin.

$$C_2H_3N + H_4 = C_2H_7N$$

Acetonitril — Aethylamin.

$$C_6H_4O_2 + H_2 = C_6H_6O_2$$

Chinon — Hydrochinon.

$$C_2H_4O + H_2 = C_2H_6O$$

Aldehyd — Alkohol.

$$2(Є_7H_6Θ) + H_2 = Є_{14}H_{14}Θ_2$$
Bittermandelöl — Hydrobenzoïn.

$$Є_9H_8Θ_2 + H_2 = Є_9H_{10}Θ_2$$
Zimmtsäure — Hydrozimmtsäure.

Eben so leicht werden die Halogene von gewissen organischen Körpern direct aufgenommen, wobei meist eine einfache, mehr oder weniger langdauernde Berührung der betreffenden Substanz mit dem Halogen nothwendig ist.

Leitet man Aethylengas in feuchtes Brom ein, so verbinden sich beide Körper rasch direct mit einander und es entsteht Aethylenbromid nach der Gleichung:

$$Є_2H_4 + Br_2 = Є_2H_4Br_2$$
Aethylen — Aethylenbromid.

Beim Einleiten von Aethylengas in eine alkoholische Lösung von Jod verbindet es sich auch leicht mit diesem Halogen und es entsteht Aethylenjodid, $Є_2H_4J_2$. Solche directe Additionen der Halogene sind überhaupt sehr häufig und die verschiedenartigsten Körper können sie erfahren, wie aus den folgenden Gleichungen zu ersehen; dieselben stellen alle eine directe Addition von Halogenen zu organischen Verbindungen dar, welche bei einfacher Berührung der betreffenden Substanzen mit den Halogenen vor sich gehen.

$$Є_4H_4Θ_4 + Br_2 = Є_4H_4Br_2Θ_4$$
Fumarsäure, Maleïnsäure — Bibrombernsteinsäure.

$$Є_5H_6Θ_4 + Br_2 = Є_5H_6Br_2Θ_4$$
Itaconsäure — Itabibrombrenzweinsäure
Mesaconsäure — Mesabibrombrenzweinsäure
Citraconsäure — Citrabibrombrenzweinsäure

$$Є_5H_{10} + Br_2 = Є_5H_{10}Br_2$$
Amylen — Amylenbromid

$$Є_2Cl_4 + Cl_2 = Є_2Cl_6$$
flüssiger Chlorkohlenstoff — fester Chlorkohlenstoff

$$Є_3H_5Br + Br_2 = Є_3H_5Br_3$$
Bromallyl — Tribromallyl

$$Є_{18}H_{34}Θ_2 + Br_2 = Є_{18}H_{34}Br_2Θ_2$$
Oelsäure — Oelsäuredibromid

$$Є_6H_6 + Cl_6 = Є_6H_6Cl_6$$
Benzol — Benzolhexachlorid.

Unter ähnlichen Bedingungen lassen sich auch Salzsäure, Bromwasserstoffsäure und unterchlorige Säure direct addiren, indem die

beiden Bestandtheile des betreffenden Additionskörpers, also bei Salzsäure Cl und H, bei Bromwasserstoff Br und H und bei unterchloriger Säure Cl und HΘ, ebenso in die Verbindung eintreten, wie zwei gleichartige Atome bei der directen Addition von Chlor, Brom oder Jod; denn hierbei, wie bei den Wasserstoffadditionen, treten immer mindestens zwei Atome oder eine grössere paare Anzahl von Atomen in die Verbindung ein, so zwar, dass bei der unterchlorigen Säure die einwerthige Gruppe Hydroxyl, HΘ, als ein einwerthiges Atom fungirt, wie wir denn überhaupt bei den Umsetzungen organischer Verbindungen sehr häufig auf Atomgruppen kommen, welche ganz die Rolle von Elementaratomen spielen und nur durch tiefergreifende, energische Reactionen selbst angegriffen werden.

Entziehung von Wasserstoff und den Halogenen aus organischen Verbindungen.

Durch Oxydationsmittel kann vielen organischen Verbindungen Wasserstoff ohne Ersatz entzogen werden. Bei Gegenwart von Platinschwamm oxydirt der Sauerstoff der Luft den Alkohol und es entsteht in Folge von Wasserstoffentziehung Aldehyd nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Alkohol}}{Є_2H_6Θ} + Θ = \underset{\text{Aldehyd.}}{Є_2H_4Θ} + H_2Θ$$

Isopropylalkohol verliert bei der Behandlung mit Oxydationsmitteln zwei Atome Wasserstoff und verwandelt sich in Aceton nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Isopropylalkohol}}{Є_3H_8Θ} + Θ = \underset{\text{Aceton.}}{Є_3H_6Θ}$$

Die Entziehung von Chlor, Brom oder Jod ohne Ersatz ist fast immer von einem gleichzeitigen Austreten von Wasserstoff begleitet, so zwar, dass die genannten Halogene als Wasserstoffverbindungen aus den Verbindungen herausgenommen werden.

Meistens werden solche Zersetzungen durch Einwirkung von alkoholischer oder wässeriger Kalilösung hervorgebracht.

Lässt man Aethylenchlorid in siedende alkoholische Kalilösung eintröpfeln, so entweicht eine leicht flüchtige Verbindung, das Vinylchlorid; dieselbe entsteht nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Aethylenchlorid}}{Є_2H_4Cl_2} + KΘH = \underset{\text{Vinylchlorid.}}{Є_2H_3Cl} + KCl + H_2Θ$$

Aethylidenchlorid, $Є_2H_4Cl_2$, und Aethylenbromid, $Є_2H_4Br_2$, erleiden durch siedende alkoholische Kalilösung ganz analoge Zersetzungen und es bildet sich aus Aethylenbromid das

dem Vinylchlorid analog zusammengesetzte Vinylbromid, C_2H_3Br. Eine interessante Reaction mag hier Erwähnung finden, welche das Aethylenchlorid erleidet. Wie schon angeführt, wird Aethylenchlorid durch alkoholische Kalilösung in Vinylchlorid verwandelt, welches seinerseits durch directe Aufnahme von zwei Atomen Chlor in die Verbindung $C_2H_3Cl_3$ übergeführt werden kann; dieser letzteren kann wieder HCl entzogen werden und nun kann sich die gleiche Reaction wie oben wiederholen. Folgende Gleichungen drücken die ganze Reihe von Prozessen aus, welche aus dem Aethylenchlorid zum flüssigen oder festen Chlorkohlenstoff führen.

$$C_2H_4Cl_2 + K\Theta H = C_2H_3Cl + KCl + H_2\Theta$$
Aethylenchlorid — Vinylchlorid

$$C_2H_3Cl + 2Cl = C_2H_3Cl_3$$
$$C_2H_3Cl_3 + K\Theta H = C_2H_2Cl_2 + KCl + H_2\Theta$$
$$C_2H_2Cl_2 + 2Cl = C_2H_2Cl_4$$
$$C_2H_2Cl_4 + K\Theta H = C_2HCl_3 + KCl + H_2\Theta$$
$$C_2HCl_3 + 2Cl = C_2HCl_5$$
$$C_2HCl_5 + K\Theta H = C_2Cl_4 + KCl + H_2\Theta$$
flüssiger Chlorkohlenstoff.

$$C_2Cl_4 + Cl_2 = C_2Cl_6$$
fester Chlorkohlenstoff.

Wird Oelsäuredibromid (siehe pag. 344) mit wenig alkoholischer Kalilösung behandelt, so entsteht zuerst die Monobromölsäure nach der Gleichung:

$$C_{18}H_{34}Br_2\Theta_2 + K\Theta H = C_{18}H_{33}Br\Theta_2 + KBr + H_2\Theta$$
Oelsäuredibromid — Monobromölsäure.

Wendet man dagegen einen Ueberschuss von alkoholischer Kalilösung an, so entsteht die Stearolsäure nach folgender Gleichung:

$$C_{18}H_{34}Br_2\Theta_2 + 2K\Theta H = C_{18}H_{32}\Theta_2 + 2KBr + 2H_2\Theta$$
Oelsäuredibromid — Stearolsäure

oder:

$$C_{18}H_{33}Br\Theta_2 + K\Theta H = C_{18}H_{32}\Theta_2 + KBr + H_2\Theta$$
Monobromölsäure — Stearolsäure.

Diese Reaction bietet in Verbindung mit der directen Addition, wie aus den genannten Zersetzungen ersichtlich, ein Mittel, gewissen organischen Verbindungen Wasserstoff zu entziehen; so entsteht aus der Oelsäure zunächst durch Addition von zwei Atomen Brom das Oelsäuredibromid, welches durch Entziehung von

2HBr in Stearolsäure verwandelt wird. Die Oelsäure hat dabei zwei Atome Wasserstoff verloren, denn die Stearolsäure enthält zwei Atome Wasserstoff weniger als die Oelsäure, ist aber im Uebrigen gleich zusammengesetzt.

Substitution von Hyderoxyl durch Halogene.

Eine der wichtigsten Reactionen, welche organische Verbindungen erleiden können, ist der Ersatz von Hydroxyl durch Halogene.

Leitet man trocknes Salzsäuregas in möglich starken Alkohol bis zur Sättigung ein, so erwärmt sich derselbe und es findet eine chemische Zersetzung statt, in Folge deren Aethylchlorid entsteht. Der Prozess verläuft nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Alkohol}}{C_2H_6O} + HCl = \underset{\text{Aethylchlorid.}}{C_2H_5Cl} + H_2O$$

In ähnlicher Weise wird der Aethylenalkohol durch Salzsäure zersetzt; es entsteht hierbei das sog. Aethylenchlorhydrin oder salzsaure Aethylenoxyd nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Aethylenalkohol}}{C_2H_6O_2} + HCl = \underset{\text{Aethylenchlorhydrin.}}{C_2H_5OCl} + H_2O$$

Aehnlich, jedoch energischer, wirken das Phosphorchlorür, das Phosphorsuperchlorid und die analogen Brom- und Jod-Verbindungen auf organische Verbindungen ein. Die Beispiele für solche Zersetzungen sind sehr zahlreich. Wir wollen hier einige der wichtigsten anführen.

Alkohol liefert bei der Einwirkung von Phosphorchlorür, -bromür oder -jodür die Verbindungen Aethylchlorid, Aethylbromid oder Aethyljodid nach folgenden Gleichungen:

$$3C_2H_6O + PCl_3 = 3C_2H_5Cl + P(OH)_3$$
$$3C_2H_6O + PBr_3 = 3C_2H_5Br + P(OH)_3$$
$$3C_2H_6O + PJ_3 = 3C_2H_5J + P(OH)_3$$

Bei diesen Zersetzungen wirken drei Molecüle Alkohol auf ein Molecül Phosphorchlorür etc. ein und indem jedes Atom Chlor, Brom oder Jod ein Hydroxyl in einem Molecül Alkohol ersetzt, entstehen drei Molecüle Aethylchlorid, -bromid oder -jodid und gleichzeitig ein Molecül phosphoriger Säure. Wir können uns die Gleichungen in folgender Weise zerlegen:

$$\begin{matrix} C_2H_5OH \\ C_2H_5OH \\ C_2H_5OH \end{matrix} + \left.\begin{matrix} Cl \\ Cl \\ Cl \end{matrix}\right\} P = \begin{matrix} C_2H_5Cl \\ C_2H_5Cl \\ C_2H_5Cl \end{matrix} + \left.\begin{matrix} OH \\ OH \\ OH \end{matrix}\right\} P$$

Der Phosphorsuperchlorid, -bromid und -jodid liefern bei ihrer Einwirkung auf Alkohol ebenfalls Aethylchlorid, -bromid und -jodid, gleichzeitig entsteht aber noch Salzsäure und Phosphoroxychlorid.

$$\text{Є}_2H_6\Theta + PCl_5 = \text{Є}_2H_5Cl + P\Theta Cl_3 + HCl;$$

oder

Є_2H_5 / Θ / H	Cl / PCl_3 / Cl	Vor der Zersetzung,	Zersetzung des Alkohols durch Phosphorsuperchlorid.
Є_2H_5 — Cl / Θ — PCl_3 / H — Cl		Nach der Zersetzung;	

Auf Phenol wirken die genannten Halogenverbindungen des Phosphors ein und es entsteht neben Phosphoroxychlorid und Salzsäure oder neben phosphoriger Säure, Monochlorbenzol etc. nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Phenol}}{\text{Є}_6H_6\Theta} + PCl_5 = \underset{\text{Monochlorbenzol.}}{\text{Є}_6H_5Cl} + P\Theta Cl_3 + HCl$$

Säuren werden in derselben Weise zersetzt, in der chlorhaltige Verbindungen entstehen. Folgende Zersetzungsgleichungen können realisirt werden:

$$\underset{\text{Essigsäure}}{\text{Є}_2H_4\Theta_2} + PCl_5 = \underset{\text{Acetylchlorid}}{\text{Є}_2H_3\Theta Cl} + P\Theta Cl_3 + HCl$$

$$\underset{\text{Essigsäure}}{3\text{Є}_2H_4\Theta_2} + PCl_3 = \underset{\text{Acetylchlorid}}{3\text{Є}_2H_3\Theta Cl} + P(\Theta H)_3$$

$$\underset{\text{Benzoësäure}}{\text{Є}_7H_6\Theta_2} + PCl_5 = \underset{\text{Benzoylchlorid}}{\text{Є}_7H_5\Theta Cl} + P\Theta Cl_3 + HCl$$

$$\underset{\text{Milchsäure}}{\text{Є}_3H_6\Theta_3} + 2PCl_5 = \underset{\text{Chlorpropionchlorid}}{\text{Є}_3H_4\Theta Cl_2} + 2P\Theta Cl_3 + 2HCl$$

$$\underset{\text{Bernsteinsäure}}{\text{Є}_4H_6\Theta_4} + 2PCl_5 = \underset{\text{Succinylchlorid.}}{\text{Є}_4H_4\Theta_2Cl_2} + 2P\Theta Cl_3 + 2HCl$$

Während in der Essigsäure und Benzoësäure immer nur je ein Hydroxyl durch Chlor ersetzt wird, geben Milchsäure und Bernsteinsäure deren zwei ab, um je zwei Atome Chlor dafür aufzunehmen. Wir können die beiden letzten Zersetzungsgleichungen folgendermaassen auflösen, um den Verlauf des Processes besser zu übersehen:

$\text{Є}_3H_4\Theta$	Cl_2	Vor der Zersetzung,	Zersetzung der Milchsäure durch Phosphorsuperchlorid.
$\left.\begin{matrix}\Theta\\H\end{matrix}\right\}$	PCl_3 Cl		
$\left.\begin{matrix}\Theta\\H\end{matrix}\right\}$	PCl_3 Cl		
$\text{Є}_3H_4\Theta$	Cl_2	Nach der Zersetzung;	
Θ	PCl_3		
H	Cl		
Θ	PCl_3		
H	Cl		

$\text{Є}_4H_4\Theta_2$	Cl_2	Vor der Zersetzung,	Zersetzung der Bernsteinsäure durch Phosphorsuperchlorid.
$\left.\begin{matrix}\Theta\\H\end{matrix}\right\}$	PCl_3 Cl		
$\left.\begin{matrix}\Theta\\H\end{matrix}\right\}$	PCl_3 Cl		
$\text{Є}_4H_4\Theta_2$	Cl_2	Nach der Zersetzung;	
Θ	PCl_3		
H	Cl		
Θ	PCl_3		
H	Cl		

Substitution des Chlors, Broms oder Jods in chlor-, brom- oder jodhaltigen organischen Verbindungen durch Hydroxyl.

Die in dem letzten Abschnitte erwähnten Verbindungen, welche durch Einwirkung der Halogenverbindungen des Phosphors auf organische Verbindungen entstehen, sind meist leicht zersetzbar und geben häufig schon bei der blossen Berührung mit Wasser ihr Halogen wieder ab und tauschen Hydroxyl dafür ein.

Bringt man Chloracetyl mit Wasser zusammen, so entwickelt sich Salzsäure und Essigsäure wird gebildet; der Process verläuft nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Chloracetyl}}{\text{Є}_2H_3\Theta Cl} + H_2\Theta = \underset{\text{Essigsäure.}}{\text{Є}_2H_3\Theta\Theta H} + HCl$$

Ebenso zersetzt sich Benzoylchlorid leicht mit Wasser in Salzsäure und Benzoësäure nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Benzoylchlorid}}{\text{Є}_7H_5\Theta Cl} + H_2\Theta = \underset{\text{Benzoësäure.}}{\text{Є}_7H_5\Theta\Theta H} + HCl$$

Das Succinylchlorid wird ebenfalls von Wasser zersetzt,

wobei neben Salzsäure Bernsteinsäure gebildet wird, nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Succinylchlorid}}{C_4H_4O_2Cl_2} + 2H_2O = \underset{\text{Bernsteinsäure.}}{C_4H_4O_2(OH)_2} + 2HCl$$

Bringt man das durch Einwirkung von Phosphorsuperchlorid auf Milchsäure entstehende Chlorpropionylchlorid dagegen mit Wasser zusammen, so wird nicht, den anderen Zersetzungen analog, Milchsäure erzeugt, sondern es wird nur ein Atom Chlor gegen Hydroxyl ausgetauscht und Chlorpropionsäure gebildet nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Chlorpropionylchlorid}}{C_3H_4OCl_2} + H_2O = \underset{\text{Chlorpropionsäure.}}{C_3H_4OClOH} + HCl$$

Während die genannten Chlorverbindungen durch Wasser so leicht zersetzt werden, widerstehen andere der Einwirkung desselben, wie wir ja schon bei dem Chlorpropionylchlorid bezüglich des einen Atoms Chlor gesehen haben.

Durch Kalihydrat oder Silberoxyd und Wasser werden jedoch auch die meisten anderen zersetzt; so liefert Aethylchlorid bei Einwirkung von Kalilauge Alkohol, indem das Chlor durch Hydroxyl ersetzt wird. Die meisten Substitutionsproducte können durch die beiden genannten Reagentien in Hydroxylderivate verwandelt werden.

Die Chlorpropionsäure geht in Milchsäure über, nach der Gleichung:

$$2(\underset{\text{Chlorpropionsäure}}{C_3H_4OClOH}) + Ag_2O + H_2O = 2(\underset{\text{Milchsäure}}{C_3H_4O(OH)_2}) + 2AgCl,$$

Die Monochloressigsäure liefert Glycolsäure:

$$2(\underset{\text{Monochloressigsäure}}{C_2H_3O_2Cl}) + Ag_2O + H_2O = 2(\underset{\text{Glycolsäure}}{C_2H_3O_2OH}) + 2AgCl,$$

Die Monobrombernsteinsäure wird in Aepfelsäure verwandelt:

$$2(\underset{\text{Monobrombernsteinsäure}}{C_4H_5O_4Br}) + Ag_2O + H_2O = 2(\underset{\text{Aepfelsäure}}{C_4H_5O_4OH}) + 2AgBr,$$

Die Bibromessigsäure geht in Glyoxylsäure über:

$$\underset{\text{Bibromessigsäure}}{C_2H_2O_2Br_2} + Ag_2O + H_2O = \underset{\text{Glyoxylsäure plus 1 Mol. } H_2O\text{ *).}}{C_2H_2O_2(OH)_2} + 2AgBr$$

*) Die Glyoxylsäure hat die Formel $C_2H_2O_3$ und entsteht aus obigem Product durch Austritt von 1 Mol. H_2O; $C_2H_4O_4 - H_2O = C_2H_2O_3$.

Wenn wir diese Formeln etwas weiter auflösen, so werden dieselben übersichtlicher; wir wollen deshalb eine derselben dieser Operation unterwerfen, um den Verlauf der Umsetzung klarer einzusehen.

$C_4H_5O_4$	O	H	Vor der Zersetzung,	Zersetzung des Monobrombernsteinsäure durch Silberoxyd und Wasser.
Br	Ag			
Br	Ag			
$C_4H_5O_4$		OH		
$C_4H_5O_4$	O	H	Nach der Zersetzung;	
Br	Ag			
Br	Ag			
$C_4H_5O_4$		OH		

Weitere Metamorphosen der organischen Verbindungen.

Eine sehr wichtige Klasse organischer Verbindungen sind die Säuren, welche in Bezug auf Salzbildung mit den anorganischen Säuren genau übereinstimmen. Die Zersetzungen, welche die Salze der organischen Säuren erleiden, verlaufen ganz analog den Zersetzungen der Salze anorganischer Säuren.

Wir wollen hier wenigstens ein Beispiel einer solchen Zersetzung anführen, weil wir uns sogleich an die Betrachtung einer anderen Klasse von organischen Verbindungen wenden wollen, welche bezüglich ihrer Constitution den salzartigen Körpern nahe verwandt sind; und durch mehrere gemeinschaftliche Reactionen zu den Salzen in Beziehung stehen. Diese Klasse von Körpern umfasst die sogen. Aether. Eine kurze Vergleichung der Zersetzungen einiger Aether mit denjenigen der Salze, wird den gemeinsamen Charakter dieser beiden Körperklassen hervortreten lassen.

Essigsaures Silberoxyd wird durch Kalihydrat zersetzt, indem sich essigsaures Kali, Silberoxyd und Wasser bildet, nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Essigsaures Silberoxyd}}{2AgC_2H_3O_2} + 2KOH = \underset{\text{Essigsaures Kali.}}{2KC_2H_3O_2} + Ag_2O + H_2O;$$

Essigsäureäthyläther wird durch Kalilauge zersetzt, indem sich essigsaures Kali und Alkohol bildet nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Essigsäureäthyläther}}{C_2H_5C_2H_3O_2} + KOH = \underset{\text{Essigsaures Kali}}{KC_2H_3O_2} + \underset{\text{Alkohol.}}{C_2H_5OH}$$

Die Analogie der beiden Zersetzungen ist leicht zu bemerken. Noch deutlicher tritt die Uebereinstimmung in den beiden folgenden Zersetzungen hervor:

$$Cu(C_2H_3O_2)_2 + 2KOH = 2KC_2H_3O_2 + Cu(OH)_2$$

Essigsaures Kupferoxyd — Essigsaures Kali

$$C_2H_4(C_2H_3O_2)_2 + 2KOH = 2KC_2H_3O_2 + C_2H_4(OH)_2$$

Essigsäureäthylenäther — Essigsaures Kali — Aethylenalkohol.

Wir sehen in diesen Zersetzungen einmal die Verbindung C_2H_5, das andere Mal die Verbindung C_2H_4 dieselbe Rolle spielen, wie in den Metallsalzen das Metall; andererseits sehen wir bei dieser Zersetzung der Verbindungen der Essigsäure den Theil $C_2H_3O_2$ der Essigsäure ganz unverändert bleiben und aus einer Verbindung in eine andere übergehen.

Die sogenannten Amide bilden eine Klasse interessanter Verbindungen, welche zum Ammoniak in einer einfachen Beziehung stehen. Behandelt man dieselben mit Kalilauge, so entwickeln sie meistens Ammoniak, während gleichzeitig das Kalisalz einer organischen Säure entsteht.

Das Acetamid liefert beim Kochen mit Kalilauge neben Ammoniak essigsaures Kali nach der Gleichung:

$$C_2H_5ON + KOH = KC_2H_3O_2 + NH_3$$

Acetamid — Essigsaures Kali.

Durch salpetrige Säure erleiden die Amide eine ähnliche Zersetzung, nur entsteht kein Ammoniak, sondern Stickstoff wird abgeschieden. Das Acetamid liefert bei der Zersetzung durch salpetrige Säure, Essigsäure, Stickstoff und Wasser nach folgender Gleichung:

$$C_2H_5ON + NO_2H = C_2H_4O_2 + N_2 + H_2O$$

Acetamid — Essigsäure.

Glycocoll liefert neben Stickstoff und Wasser Glycolsäure:

$$C_2H_5NO_2 + NO_2H = C_2H_4O_3 + N_2 + H_2O$$

Glycocoll — Glycolsäure.

Hippursäure giebt mit salpetriger Säure Benzoglycolsäure, Stickstoff und Wasser:

$$C_9H_9NO_3 + NO_2H = C_9H_8O_4 + N_2 + H_2O$$

Hippursäure — Benzoglycolsäure.

Eine analoge Zersetzung erleidet Anilin durch salpetrige Säure; man ist jedoch im Stande, den Process der Zersetzung bei einer bestimmten Zwischenphase aufzuhalten und so zu einem

Zwischenproduct von höchst complicirter Zusammensetzung zu gelangen.

$$\underset{\text{Anilin}}{C_6H_7N} + NO_2H = \underset{\text{Phenol.}}{C_6H_6O} + N_2 + H_2O$$

Nach dieser Gleichung verläuft der Process, wenn die salpetrige Säure in warmes Anilin einströmt; hält man dagegen die Temperatur während des Processes möglich niedrig, so entsteht das angedeutete Zwischenproduct:

$$\underset{\text{Anilin}}{C_6H_7N} + NO_2H = \underset{\text{Diazobenzolhydrat.*)}}{C_6H_6ON_2} + H_2O$$

Das so entstandene Diazobenzolhydrat zersetzt sich in der Wärme leicht in Phenol und Stickstoff:

$$\underset{\text{Diazobenzolhydrat}}{C_6H_6ON_2} = \underset{\text{Phenol.}}{C_6H_6O} + N_2$$

Die Amidobenzoësäure verhält sich ganz ähnlich, indem sie mit salpetriger Säure in der Wärme neben Stickstoff und Wasser Oxybenzoësäure liefert, in der Kälte dagegen Diazobenzoësäurehydrat, welche sich übrigens ebenso leicht wie das Diazobenzolhydrat unter Abgabe von Stickstoff zersetzt.

$$\underset{\text{Amidobenzoësäure}}{C_7H_7NO_2} + NO_2H = \underset{\text{Oxybenzoësäure.}}{C_7H_6O_3} + N_2 + H_2O$$

$$\underset{\text{Amidobenzoësäure}}{C_7H_7NO_2} + NO_2H = \underset{\text{Diazobenzoësäurehydrat.**)}}{C_7H_6O_3N_2} + H_2O$$

Die Kalksalze oder Natronsalze vieler organischen Säuren zersetzen sich beim Erhitzen unter Entwicklung eines flüchtigen Kohlenwasserstoffs, während das kohlensaure Salz der betreffenden Metalle zurückbleibt.

Der essigsaure Kalk liefert z. B. beim Erhitzen mit Aetznatron, neben kohlensaurem Kalk, Sumpfgas oder Methylwasserstoff, nach der Gleichung:

---

*) Dieser Körper wird in Verbindung mit Anilin als Diazoamidobenzol erhalten. $C_6H_6ON_2 + C_6H_7N - H_2O = C_{12}H_{11}N_3$ (Diazoamidobenzol).

**) Diazobenzoësäurehydrat wird nicht selbst erhalten, sondern die Verbindung Diazoamidobenzoësäure, welche durch directe Vereinigung des Diazobenzoësäurehydrats mit Amidobenzoësäure unter Austritt von Wasser entsteht, nach der Gleichung: $C_7H_6O_3N_2 + C_7H_7NO - H_2O = C_{14}H_{11}N_3O_5$ (Diazoamidobenzoësäure).

$$\mathrm{Ca2(C_2H_3O_2)} + \mathrm{2NaOH} = \mathrm{CaCO_3} + \mathrm{Na_2CO_3} + \mathrm{2CH_4}$$

Essigsaurer Kalk — Natronhydrat — kohlensaurer Kalk — kohlensaures Natron — Sumpfgas.

CH_3	H		Vor der Zersetzung,	Zersetzung des essigsauren Kalks durch Natronhydrat.
CO_2	O			
Ca	.			
CO_2	Na	NaO		
CH_3		H		
CH_3	H		Nach der Zersetzung;	
CO_2	O			
Ca				
CO_2	Na	NaO		
CH_3		H		

Durch den galvanischen Strom werden viele organische Säuren in sehr einfacher Weise zersetzt; so erhält man aus Baldriansäure Kohlensäure, Wasserstoff und Dibutyl nach der Gleichung:

$$2C_5H_{10}O_2 = C_8H_{18} + 2CO_2 + 2H$$

Durch Auflösen dieser Gleichung erhalten wir:

C_8H_9	H	CO_2	Vor der Zersetzung,	Zersetzung der Baldriansäure durch den galvanischen Strom.
C_8H_9	H	CO_2		
C_8H_9	H	CO_2	Nach der Zersetzung;	
C_8H_9	H	CO_2		

Die Kalksalze vieler organischer Säuren liefern bei der trocknen Destillation neutrale Verbindungen, welche sich in ihrer Zusammensetzung von den Säuren, aus denen sie entstanden sind, wesentlich unterscheiden. So erhält man nach dieser Methode aus der Essigsäure das Aceton nach der Gleichung:

$$\mathrm{Ca2(C_2H_3O_2)} = \mathrm{CaCO_3} + \mathrm{C_3H_6O}$$

Essigsaurer Kalk — Aceton.

Propionsäure liefert den Diäthylketon nach der Gleichung:

$$\mathrm{Ca2(C_3H_5O_2)} = \mathrm{CaCO_3} + \mathrm{C_5H_{10}O}$$

Propionsaurer Kalk — Diäthylketon.

Vermischt man die Kalksalze zweier verschiedener Säuren und unterwirft das Gemenge der trocknen Destillation, so erhält man ebenfalls neutrale Verbindungen, welche in dieselbe Klasse von Körpern gehören, wie das Aceton und der Diäthylketon.

Propionsaurer und essigsaurer Kalk liefern auf diese Weise neben kohlensaurem Kalk Methyläthylketon, nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Essigsaurer Kalk}}{Ca2(C_2H_3O_2)} + \underset{\text{Propionsaurer Kalk}}{Ca2(C_3H_5O_2)} = 2CaCO_3 + \underset{\text{Methyläthylketon.}}{2C_4H_8O}$$

Unterwirft man Gemische verschiedener Kalksalze mit ameisensaurem Kalk der trocknen Destillation, so erhält man neben kohlensaurem Kalk einen sogen. Aldehyd; essigsaurer und ameisensaurer Kalk liefern z. B. gewöhnlichen Aldehyd oder Acetaldehyd nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Essigsaurer Kalk}}{Ca2(C_2H_3O_2)} + \underset{\text{Ameisensaurer Kalk}}{Ca2(CHO_2)} = 2CaCO_3 + \underset{\text{Acetaldehyd.}}{2C_2H_4O}$$

Benzoësaurer und ameisensaurer Kalk führen zum Benzoëaldehyd oder Bittermandelöl nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Benzoësaurer Kalk}}{Ca2(C_7H_5O_2)} + \underset{\text{Ameisensaurer Kalk}}{Ca2(CHO_2)} = 2CaCO_3 + \underset{\text{Benzoëaldehyd Bittermandelöl.}}{2C_7H_6O}$$

Wenn wir diese Gleichungen weiter auflösen, so wird der Verlauf der Processe übersichtlicher werden und die Analogie der Bildung der obengenannten Ketone und Aldehyde hervortreten.

	Ca	Vor der Zersetzung,	Bildung des Acetons durch trockne Destillation des essigsauren Kalks.
COO	O		
CH_3	$COCH_3$		
	CaH	Nach der Zersetzung;	
COO	O		
CH_3	$COCH_3$		

CH_3	COC_2H_5	Vor der Zersetzung,	Bildung des Methyläthylketons bei der trocknen Destillation eines Gemenges von essigsaurem und propionsaurem Kalk.
COO	OCa		
CaO	COO		
CH_3CO	C_2H_5		
CH_3	COC_2H_5	Nach der Zersetzung;	
COO	OCa		
CaO	COO		
CH_3CO	C_2H_5		

CH_3	COH	Vor der Zersetzung,	Bildung des Acetaldehyds bei der trocknen Destillation eines Gemenges von essigsaurem und ameisensaurem Kalk.
COO	OCa		
CaO	COO		
CH_3CO	H		
CH_3	COH	Nach der Zersetzung;	
COO	OCa		
CaO	COO		
CH_3CO	H		

C_6H_5	COH	Vor der Zersetzung,	Bildung des Benzoëaldehyds oder Bittermandelöls bei der trocknen Destillation eines Gemenges von benzoësaurem und ameisensaurem Kalk.
COO	OCa		
CaO	COO		
C_6H_5CO	H		
C_6H_5	COH	Nach der Zersetzung;	
$CO\ O$	OCa		
$Ca\ O$	COO		
C_6H_5CO	H		

Eine interessante Zersetzung erleiden gewisse Aldehyde bei der Einwirkung von Kalilauge. Bittermandelöl z. B. liefert Benzoësäure und Benzylalkohol nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Bittermandelöl}}{2C_7H_6O} + KOH = \underset{\text{Benzoësaures Kali}}{C_7H_5O_2K} + \underset{\text{Benzylalkohol.}}{C_7H_8O}$$

Spaltung und Synthese.

Sehr wichtige Reactionen, durch welche organische Verbindungen zersetzt oder neue gebildet werden können, sind die Spaltungen und Synthesen.

Wir haben schon einige Beispiele von Spaltungen organischer Verbindungen kennen gelernt und wollen nun die Reihe derselben etwas vergrössern.

Unter Spaltung organischer Verbindungen versteht man im Allgemeinen die Zerlegung einer Kohlenstoffverbindung in zwei andere einfacher zusammengesetzte. Eine genaue Abgrenzung derjenigen Reactionen, welche als Spaltungen anzusehen sind, kann nicht vorgenommen werden. Häufig kommen Spaltungen organischer Verbindungen derart zu Stande, dass sich dieselben geradezu in mehrere Theile zerlegen, ohne gleichzeitig stattfindende Aufnahme anderer Elemente oder Verbindungen; häufig werden aber

auch bei den Spaltungen organischer Verbindungen die Bestandtheile des Wassers oder anderer einfacher Verbindungen derart aufgenommen, dass sich der eine Theil des Wassers etc. mit dem einen Spaltungsproducte, der andere Theil mit dem anderen Spaltungsproduct vereinigt.

Beispiele directer Spaltung ohne Aufnahme sind die Zersetzungen, welche auf pag. 370—372 angeführt sind, denen sich die folgenden Beispiele anreihen:

Benzoësäure kann zerlegt werden in Kohlensäure und *Benzol* nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Benzoësäure}}{C_7H_6O_2} = CO_2 + \underset{\text{Benzol.}}{C_6H_6}$$

Oxybenzoësäure zerfällt in Kohlensäure und Oxybenzol oder *Phenol*:

$$\underset{\text{Oxybenzoësäure}}{C_7H_6O_3} = CO_2 + \underset{\text{Phenol.}}{C_6H_6O}$$

Anisylsäure spaltet sich in Kohlensäure und *Anisol*:

$$\underset{\text{Anisylsäure}}{C_8H_8O_3} = CO_2 + \underset{\text{Anisol.}}{C_7H_8O}$$

Leucin kann durch rasches Erhitzen in Kohlensäure und *Amylamin* zerlegt werden:

$$\underset{\text{Leucin}}{C_6H_{13}NO_2} = CO_2 + \underset{\text{Amylamin.}}{C_5H_{13}N}$$

Hippursäure wird durch Kochen mit concentrirter Salzsäure zerlegt in *Glycocoll* und *Benzoësäure*, wobei die Elemente von 1 Mol. Wasser aufgenommen werden.

$$\underset{\text{Hippursäure}}{C_9H_9NO_3} + H_2O = \underset{\text{Glycocoll}}{C_2H_5NO_2} + \underset{\text{Benzoësäure.}}{C_7H_6O_2}$$

Kreatin zerfällt beim Kochen mit Barytwasser unter Aufnahme der Elemente von 1 Mol. Wasser in *Sarkosin* und *Harnstoff* nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Kreatin}}{C_4H_9N_3O_2} + H_2O = \underset{\text{Sarkosin}}{C_3H_7NO_2} + \underset{\text{Harnstoff.}}{CH_4N_2O}$$

Piperin zerfällt ebenfalls unter Aufnahme der Elemente von 1 Mol. Wasser beim Kochen mit alkoholischer Kalilösung in *Piperidin* und *Piperinsäure*, nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Piperin}}{C_{17}H_{19}NO_3} + H_2O = \underset{\text{Piperinsäure}}{C_{12}H_{10}O_4} + \underset{\text{Piperidin.}}{C_5H_{11}N}$$

Die *Harnsäure* zerlegt sich beim starken Erhitzen mit Jodwasserstoffsäure unter Aufnahme der Elemente von 5 Mol.

Wasser in Glycocoll, Kohlensäure und Wasser, nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Harnsäure}}{C_5H_4N_4O_3} + 5H_2O = \underset{\text{Glycocoll.}}{C_2H_5NO_2} + 3CO_2 + 3NH_3$$

Eine grosse Anzahl von in der Natur fertig gebildeten Verbindungen zerfallen bei Einwirkung von Alkalien, Säuren oder Gährungsfermenten und unter Aufnahme von Wasser in Traubenzucker und ein oder mehrere andere Producte. Man fasst diese Körper unter dem Namen der Glucoside zusammen. Es lassen sich folgende Zersetzungsgleichungen realisiren:

$$\underset{\text{Salicin}}{C_{13}H_{18}O_7} + H_2O = \underset{\text{Saligenin}}{C_7H_8O_2} + \underset{\text{Traubenzucker;}}{C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{Arbutin}}{C_{12}H_{16}O_7} + H_2O = \underset{\text{Hydrochinon}}{C_6H_6O_2} + \underset{\text{Traubenzucker;}}{C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{Amygdalin}}{C_{20}H_{27}NO_{11}} + 2H_2O = \underset{\text{Bittermandelöl}}{C_7H_6O} + \underset{\text{Blausäure}}{CNH} + \underset{\text{Traubenzucker;}}{2(C_6H_{12}O_6)}$$

$$\underset{\text{Phloridzin}}{C_{21}H_{24}O_{10}} + H_2O = \underset{\text{Phloretin}}{C_{15}H_{14}O_5} + \underset{\text{Traubenzucker;}}{C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{Gerbsäure}}{C_{27}H_{22}O_{17}} + 4H_2O = \underset{\text{Gallussäure}}{3(C_7H_6O_5)} + \underset{\text{Traubenzucker;}}{C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{Myronsaures Kali}}{C_{10}H_{18}KNS_2O_{10}} = \underset{\text{Schwefelcyanallyl}}{C_4H_5NS} + \underset{\text{saures schwefelsaures Kali}}{KHSO_4} + \underset{\text{Traubenzucker.}}{C_6H_{12}O_6}$$

Eine nicht minder wichtige Rolle, wie die aufgeführten Spaltungen, spielen die Synthesen, welche aus einfachen organischen Verbindungen oder auch aus anorganischen Verbindungen complicirt zusammengesetzte organische Verbindungen aufzubauen gestatten. Wir wollen einige solcher Synthesen hier schon betrachten und dabei mit den verhältnissmässig einfachen beginnen, jedoch noch vorausschicken, dass man unter Synthese sowohl die directe Vereinigung zweier Molecüle versteht, als auch die Zersetzung mehrerer Molecüle, wobei die Hauptbestandtheile derselben mit einander in Verbindung treten, während die anderen Theile ausgeschieden werden.

Ein höchst einfacher Fall der directen Synthese ist die Bildung der Propionsäure durch Einwirkung von Kohlensäure auf Aethylnatrium, wobei sich dieselbe nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Aethylnatrium}}{C_2H_5Na} + CO_2 = \underset{\text{Propionsaures Natron}}{C_2H_5O_2Na}$$

bildet.

In Folge einer eben so einfachen Synthese entsteht Ameisensäure, resp. ameisensaures Kali, wenn man Kohlenoxyd bei einer Temperatur von etwa 100° C. mit Kalihydrat in Berührung lässt. Das Gas wird langsam absorbirt und die rückständige Salzmasse enthält ameisensaures Kali, welches sich nach folgender Gleichung gebildet hat:

$$\text{ЄΘ} + \text{KΘH} = \underset{\text{Ameisensaures Kali.}}{\text{ЄHΘ}_2\text{K}}$$

Lässt man Cyankalium auf manche Chlor-, Brom- oder Jod-Substitutionsproducte einwirken, so entstehen Verbindungen, welche als Cyansubstitutionsproducte anzusehen sind; so erhält man aus der Monochloressigsäure bei der Behandlung mit Cyankalium die Cyanessigsäure nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Monochloressigsäure}}{\text{Є}_2\text{H}_3\text{ClΘ}_2} + \underset{\text{Cyankalium}}{\text{KЄN}} = \underset{\text{Cyanessigsäure.}}{\text{Є}_2\text{H}_3(\text{ЄN})\text{Θ}_2}$$

Aethyljodid liefert bei der Behandlung mit Cyankalium das Cyanäthyl, nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Aethyljodid}}{\text{Є}_2\text{H}_5\text{J}} + \text{KЄN} = \underset{\text{Cyanäthyl.}}{\text{Є}_2\text{H}_5\text{ЄN}}$$

In analoger Weise entstehen noch eine ganze Reihe ähnlicher cyanhaltiger Verbindungen. Die meisten derselben werden leicht von Kalilauge unter Entbindung von Ammoniak zersetzt, wobei Säuren entstehen, welche kohlenstoffreicher sind, als die anfänglich vorhandenen Substitutionsproducte. Die ganze Operation ist eine indirecte Synthese.

Auf diesem Wege lässt sich Propionsäure synthetisch aus Aethylwasserstoff darstellen, denn zunächst kann man durch Einwirkung von Chlor auf Aethylwasserstoff Aethylchlorid erhalten, welches bei der Behandlung mit Cyankalium Cyanäthyl liefert, das dann schliesslich durch Erwärmen mit Kalilauge in Propionsäure verwandelt wird, nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Cyanäthyl}}{\text{Є}_2\text{H}_5\text{ЄN}} + \text{KΘH} + \text{H}_2\text{Θ} = \underset{\text{Propionsaures Kali.}}{\text{Є}_2\text{H}_5(\text{ЄΘ}_2\text{K})} + \text{NH}_3$$

Wir wollen noch einige Fälle solcher indirecten Synthesen kennen lernen, wobei wir uns lediglich auf die Betrachtung der Zersetzungsgleichungen beschränken wollen.

Synthese der Malonsäure aus der Essigsäure.

$$C_2H_4O_2 + Cl_2 = C_2H_3ClO_2 + HCl$$

Essigsäure — Monochloressigsäure

$$C_2H_3ClO_2 + KCN = C_2H_3(CN)O_2 + KCl$$

Monochloressigsäure — Cyanessigsäure

$$C_2H_3(CN)O_2 + 2KOH = C_2H_2(CO_2K)O_2K + NH_3$$

Cyanessigsäure — Malonsaures Kali.

Synthese der Bernsteinsäure aus Aethylen.

$$C_2H_4 + Br_2 = C_2H_4Br_2$$

Aethylen — Aethylenbromid

$$C_2H_4Br_2 + 2KCN = C_2H_4(CN)_2$$

Aethylenbromid — Aethylencyanid

$$C_2H_4(CN)_2 + 2KOH + 2H_2O = C_2H_4(CO_2K)_2 + 2NH_3$$

Aethylencyanid — Bernsteinsaures Kali.

Synthese der Tricarballylsäure aus dem Bromallyl.

$$C_3H_5Br + Br_2 = C_3H_5Br_3$$

Bromallyl — Tribromallyl

$$C_3H_5Br_3 + 3K(CN) = C_3H_5(CN)_3$$

Tribromallyl — Tricyanallyl

$$C_3H_5(CN)_3 + 3KOH + 3H_2O = C_3H_5(CO_2K)_3 + 3NH_3$$

Tricyanallyl — Tricarballylsaures Kali.

Als eine indirecte Synthese kann auch die Bildung der **Sulfosäuren** nach folgender Methode angesehen werden. Erhitzt man Chlor-, Brom- oder Jodsubstitutionsproducte mit schwefligsaurem Natron oder Kali, so bilden sich neben Chlor-, Brom- oder Jodnatrium sulfosaure Salze; so erhält man z. B. durch Erwärmen von Aethyljodid mit schwefligsaurem Natron **äthylsulfosaures Natron** nach folgender Gleichung:

$$C_2H_5J + SO_3Na_2 = C_2H_5(SO_3Na) + NaJ$$

Aethyljodid — Aethylsulfosaures Natron.

In Folge einer einfachen Addition von saurem schwefligsaurem Natron oder Kali zu manchen organischen Verbindungen können ebenfalls Sulfosäuren entstehen. Beim schwachen Erwärmen von Aethylenoxyd mit saurem schwefligsaurem Natron in einer geschlossenen Glasröhre bildet sich **isäthionsaures Natron**, nach folgender Gleichung:

$$C_2H_4O + SO_3NaH = C_2H_4OH(SO_3Na)$$

Aethylenoxyd — Isäthionsaures Natron.

Eine höchst interessante Synthese ist die Addition von Ameisensäure zu Aldehyden. Erwärmt man gewöhnlichen Acetaldehyd mit Blausäure und etwas Salzsäure, so entsteht neben Salmiak **Milchsäure**, nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Aldehyd}}{C_2H_4O} + \underset{\text{Blausäure}}{CNH} + HCl + 2H_2O = \underset{\text{Milchsäure.}}{C_2H_4OH(CO_2H)} + NH_4Cl$$

Bittermandelöl und Blausäure liefern unter denselben Umständen die **Mandelsäure**, nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Bittermandelöl}}{C_7H_6O} + \underset{\text{Blausäure}}{CNH} + HCl + 2H_2O = \underset{\text{Mandelsäure}}{C_7H_6OH(CO_2H)} + NH_4Cl.$$

Die folgenden aufgelösten Gleichungen werden diese Processe verständlicher machen:

O		H		Vor der Zersetzung,	Synthese der Milchsäure aus Aldehyd, Blausäure, Wasser und Salzsäure.
C_2H_4	C	O_2H			
	NH	H_2	HCl		
O		H		Nach der Zersetzung;	
C_2H_4	C	O_2H			
	NH	H_2	HCl		

O		H		Vor der Zersetzung,	Synthese der Mandelsäure aus Bittermandelöl, Blausäure, Wasser und Salzsäure.
C_7H_6	C	O_2H			
	NH	H_2	HCl		
O		H		Nach der Zersetzung;	
C_7H_6	C	O_2H			
	NH	H_2	HCl		

Ammoniak oder ammoniakartige Verbindungen vereinigen sich direct mit Aethylenoxyd. Das **Trimethylamin** ist eine ammoniakartige Verbindung und bildet mit Aethylenoxyd und Salzsäure verbunden das **salzsaure Cholin**, eine organische Base, welche man zuerst als Bestandtheil der Galle fand (daher der Name). Die Synthese des Cholin verläuft nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Trimethylamin}}{C_3H_9N} + \underset{\text{Salzsaures Aethylenoxyd}}{C_2H_4OHCl} = \underset{\text{Salzsaures Cholin.}}{C_5H_{14}NOCl}$$

Eine grosse Reihe von Kohlenwasserstoffen können synthetisch nach folgender Methode erhalten werden: Man erwärmt ein Gemisch von Brombenzol mit Methyljodid, Aethyljodid, oder anderer analogen Jodverbindungen mit Natrium, wobei Bromnatrium,

Jodnatrium und ein Kohlenwasserstoff entsteht; so erhält man aus Brombenzol und Methyljodid das Toluol oder Methylbenzol nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Brombenzol}}{C_6H_5Br} + \underset{\text{Methyljodid}}{CH_3J} + 2Na = NaBr + NaJ + \underset{\text{Toluol oder Methylbenzol.}}{C_6H_5CH_3}$$

Dibrombenzol liefert bei gleicher Behandlung das Dimethylbenzol, nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Dibrombenzol}}{C_6H_4Br_2} + \underset{\text{Methyljodid}}{2CH_3J} + 4Na = 2NaBr + 2NaJ + \underset{\text{Dimethylbenzol.}}{C_6H_4(CH_3)_2}$$

Bittermandelöl und Acetylchlorid vereinigen sich unter Austritt von Salzsäure mit einander, wobei Zimmtsäure nach folgender Gleichung entsteht:

$$\underset{\text{Bittermandelöl}}{C_7H_6\Theta} + \underset{\text{Acetylchlorid}}{C_2H_3\Theta Cl} = \underset{\text{Zimmtsäure.}}{C_9H_8\Theta_2} + HCl$$

Cyanamid vereinigt sich leicht mit vielen Körpern direct. Man ist dadurch in den Stand gesetzt, complicirt zusammengesetzte Körper, welche als Erzeugnisse des thierischen Lebens von Wichtigkeit sind, darzustellen; so bildet sich das Kreatin bei der directen Vereinigung von Cyanamid mit Sarkosin, nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Sarkosin}}{C_3H_7N\Theta_2} + \underset{\text{Cyanamid}}{CH_2N_2} = \underset{\text{Kreatin.}}{C_4H_9N_3\Theta_2}$$

Wir haben in den beschriebenen Reactionen die wichtigsten Zersetzungen kennen gelernt, welche organische Verbindungen erleiden können und es wird bei genauer Durchsicht derselben ersichtlich sein, welche besondere Eigenthümlichkeiten gerade die Zersetzungen organischer Körper haben. Wir wollen jedoch noch einmal kurz die Zersetzungen eines Körpers betrachten, um daran zu sehen, dass eine Verschiebbarkeit aller Atome eines Molecüls möglich ist und dass selbst solche Theile der Molecüle organischer Verbindungen, welche bei einer grossen Anzahl von Umsetzungen der betr. Verbindung unangegriffen bleiben, der Einwirkung anderer Agentien nicht widerstehen, sondern in weitere Bestandtheile zerfallen.

Wir werden bald sehen, dass man die eben angedeuteten Theile der Molecüle organischer Verbindungen deren Radicale genannt hat. Es wird jedoch aus den sogleich aufzuzählenden Zersetzungen der Essigsäure hervorgehen, dass diese Radicale keineswegs unveränderlich sind oder überhaupt nur festere Bin-

dung ihrer Bestandtheile zeigen, sondern dass deren Existenz nur einer gewissen Art von Zersetzungen gegenüber anzunehmen ist.

1) Die Essigsäure hat die Formel $C_2H_4O_2$;

2) mit Natronlauge zusammengebracht, liefert sie essigsaures Natron, $C_2H_3O_2Na$;

3) mit Phosphorchlorür zersetzt sie sich unter Bildung von Acetylchlorid, C_2H_3OCl;

4) Schwefelphosphor verwandelt sie in Thiacetsäure, C_2H_3OS;

5) durch Erhitzen mit Kalk spaltet sie sich in Sumpfgas, CH_4, und Kohlensäure, CO_2;

6) beim Erhitzen mit Kalk und ameisensaurem Kalk bildet sie Aldehyd, C_2H_4O;

7) die Halogene Chlor und Brom wirken substituirend ein und es entstehen folgende Körper:

$C_2H_3Cl\,O_2$ Monochloressigsäure
$C_2H_2Cl_2O_2$ Dichloressigsäure
$C_2H\,Cl_3O_2$ Trichloressigsäure
$C_2H_3Br\,O_2$ Monobromessigsäure
$C_2H_2Br_2O_2$ Bibromessigsäure.

Diese wenigen Zersetzungen zeigen uns die vollständige Auflösbarkeit der Essigsäure in ihre Atome. Während die Zersetzung 1) zeigt, dass ein Atom Wasserstoff leicht aus der Säure herausgenommen werden kann, sehen wir in der Zersetzung 2) den Austritt von Hydroxyl, OH, vor sich gehen; die Zersetzung 4) zeigt uns den Austritt von einem Atom Sauerstoff und dessen Ersatz durch ein Atom Schwefel, während bei der Zersetzung 6) ein Atom Sauerstoff ohne Ersatz austritt; die Zersetzung 5) führt uns ferner eine Abspaltung von Kohlenstoff vor. Dass wir bei dieser Mannigfaltigkeit der Zersetzungen nicht von einem in den Verbindungen enthaltenen fester zusammengesetzten Theile reden können, ist leicht einzusehen, denn wie wir sehen, werden durch verschiedene Reactionen die verschiedenartigsten Theile der Verbindungen angegriffen. Man hat sich jedoch mit Rücksicht auf die Einfachheit gewisser Beziehungen über die Bedeutung des Wortes Radical in soweit geeinigt, als man darunter wenigstens diejenigen Bestandtheile der organischen Verbindungen versteht, welche mit Hydroxyl, OH, verbunden sind, wonach man also den Bestandtheil C_2H_3O der Essigsäure ihr Radical nennt und dieses als Acetyl bezeichnet. Wir werden uns mit diesem Gegenstand noch weiter bei der Besprechung der Constitution der organischen Verbindungen beschäftigen.

Classification.

Eine Classification der Körper von chemischem Standpunkte aus muss sich selbstverständlich immer nach den chemischen Eigenschaften richten und sind deshalb in dieselbe Klasse nur solche Körper zu rechnen, welche wichtige chemische Reactionen gemeinsam haben. Eine Eintheilung der Körper nach ihrer Zusammensetzung oder nach ihrer Constitution ist nur in soweit am Platze, als sie keine Abweichung von der eben angeführten Bedingung einschliesst.

Wir haben bei den organischen Verbindungen zunächst die beiden wichtigsten Arten von Körpern, deren chemische Eigenschaften so sehr hervorragend sind, nämlich Säuren und Basen. Während die Säuren meist nur Kohlenwasserstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthalten, versteht man unter organischen Basen lediglich stickstoffhaltige Körper, ohne dass damit gesagt sein soll, dass alle stickstoffhaltigen organischen Körper Basen seien.

Hieran reihen sich die Salze der organischen Säuren und der organischen Basen, welche in manchen Eigenschaften mit den Aethern übereinstimmen. Ausser diesen Körpern giebt es jedoch noch eine Reihe von andern Arten organischer Verbindungen, als da sind:

Die Alkohole und alkoholartigen Körper
„ Aldehyde
„ Ketone
„ Kohlenwasserstoffe

Die Phenole
„ Substitutionsproducte
„ Säureamide
„ Diazoverbindungen.

Eine grosse Anzahl anderer Stoffe lassen sich nicht in eine bestimmte Klasse einreihen; zu diesen gehören z. B. die ätherischen Oele, viele Farbstoffe, eine grosse Anzahl von Stoffen, welche im Thierkörper erzeugt werden und solche Verbindungen, welche Producte des Pflanzenlebens sind.

1. Säuren.

Die organischen Säuren sind meist Carbonsäuren oder Sulfosäuren.

Die Carbonsäuren enthalten stets die einwerthige Gruppe Carboxyl, CO_2H, und ausserdem einen mehr oder minder complicirt zusammengesetzten Rest. Jede Säure, welche nur einmal die Gruppe CO_2H enthält, ist einbasisch; zweibasische Säuren enthalten diese Gruppe zweimal, überhaupt hängt die Basicität der Carbonsäuren von der Anzahl der in dem Molecül derselben enthaltenen Gruppen CO_2H ab.

Der Beweis, dass diese Gruppe die Bestandtheile aller Carbonsäuren ist, liegt in der Synthese dieser Säuren aus den Cyanverbindungen organischer Reste (siehe pag. 376).

Bei der Bildung eines Salzes wird der in Gruppe CO_2H enthaltene Wasserstoff durch das Metall der Base vertreten und zwar wird ein Atom Wasserstoff durch ein Atom eines einwerthigen Metalls ersetzt. Zweiwerthige Metalle werden an die Stelle von zwei Atomen Wasserstoff treten und im Falle eine einbasische Säure vorliegt, werden zwei Molecüle derselben an der Salzbildung theilnehmen. $\overset{I}{R}$ bedeute ein einwerthiges Alkoholradical und

$\overset{I}{R}CO_2H$ sei die allgemeine Formel für die einbasischen Carbonsäuren;

$\overset{I}{R}CO_2K$ ist dann das Kalisalz dieser Säure,

$(\overset{I}{R}CO_2)_2Ba$ das Barytsalz derselben Säure, (sich ableitend von $(\overset{I}{R}CO_2H)_2$

$(\overset{I}{R}CO_2)_3Bi$ das Wismuthoxydsalz derselben Säure; (sich ableitend von $(\overset{I}{R}CO_2H)_3$.

Die einbasischen Carbonsäuren nennt man Monocarbonsäuren, die zweibasischen Dicarbonsäuren und die dreibasischen Tricarbonsäuren.

Die Sulfosäuren enthalten stets die einwerthige Gruppe Sulfuroxyl, SO_3H, und ausserdem noch einen mehr oder minder complicirt zusammengesetzten organischen Rest; es gilt von diesen bezüglich der Basicität das Gleiche, was für die Carbonsäuren angegeben worden ist. Auch die Bildung der Salze geschieht nach denselben Regeln wie bei den Carbonsäuren.

Der Beweis, dass die Sulfosäuren die Gruppe SO_3H enthalten, liegt in deren Synthese aus den chlor-, brom- oder jodhaltigen organischen Verbindungen mit Hülfe von schwefligsaurem Kali oder Natron (siehe pag. 376).

Ausser diesen beiden Arten von Säuren gibt es noch solche, welche beide Gruppen, Carboxyl und Sulfuroxyl, enthalten, für welche bezüglich der Basicität und der Salzbildung das Gleiche gilt, wie für die Carbonsäuren und Sulfosäuren.

Aus den Säuren leiten sich dann folgende Arten von Verbindungen ab:

Anhydride, Aether und Aethersäuren.

Wir werden auf die Beziehungen dieser Körper zu den Säuren in einem späteren Abschnitte noch einmal zurückkommen.

2. Alkohole und alkoholartige Körper.

Der Weingeist ist der Typus dieser Klasse von organischen Verbindungen. Alle ächten Alkohole liefern, wie der Weingeist bei der Oxydation, zuerst Aldehyde, und bei weiter fortgesetzter Einwirkung oxydirender Körper Säuren.

Aus dieser Eigenschaft der Alkohole geht hervor, dass dieselben die einwerthige Gruppe CH_2OH enthalten, welche bei der Oxydation die Umwandlung in COH und weiter in CO_2H, den charakteristischen Bestandtheil der Carbonsäure. erleidet.

Die Alkohole enthalten die Gruppe CH_2OH entweder einmal oder mehreremale; im ersten Fall nennt man sie einwerthige oder einsäurige Alkohole, im andern Fall zwei- oder mehrwerthig oder zwei- oder mehrsäurig etc.

Das eine in der Gruppe CH_2OH enthaltene Wasserstoffatom und zwar dasjenige des Hydroxyls, OH, kann durch Metalle vertreten werden und findet eine Vertretung desselben durch Natrium oder Kalium z. B. bei der directen Einwirkung dieser Metalle auf Alkohole statt. Auch durch Säureradicale lässt sich dieser Wasserstoff ersetzen und zwar erfolgt ein solcher Ersatz meist schon bei Einwirkung von Säuren auf die Alkohole, manchmal auch nur dann, wenn gleichzeitig eine stärkere anorganische Säure zugegen ist. Die so entstehenden Verbindungen nennt man Aether. Je nach der Werthigkeit der Alkohole, werden bei der Aetherbildung ein- oder mehrere Molecüle der Säure zersetzt. Daher die Benennung der Alkohole als einsäurig, zweisäurig etc.

Ausserdem ist eine Vertretung des in der Gruppe CH_2OH enthaltenen Hydroxyls, OH, durch Chlor, Brom oder Jod leicht ausführbar. Dieselbe findet meistens bei der Einwirkung der betreffenden Wasserstoffsäuren auf die Alkohole statt. Auch die so entstehenden Verbindungen nennt man Aether und zwar Haloidäther.

Die Eigenschaft der Vertretbarkeit des genannten Wasserstoffatoms und des Hydroxyls durch die angeführten Körper kommt aber in gleichem Maasse noch mehreren andern Arten von Verbindungen zu, die man deshalb auch mit dem Namen Alkohole bezeichnet hat. Dieselben unterscheiden sich jedoch von den ächten Alkoholen dadurch wesentlich, dass sie bei der Oxydation keine Säuren liefern, und nennt man sie deshalb auch Pseudoalkohole.

Um jedoch die Zusammengehörigkeit sämmtlicher derartiger Verbindungen in einer Gruppe anzudeuten, hat man passend eine gemeinsame Nomenclatur gewählt, auf welche wir aber erst näher eingehen können, wenn wir uns etwas genauer mit der Constitution der organischen Verbindungen vertraut gemacht haben werden.

3. Aldehyde.

Die Aldehyde sind meistens sehr leicht oxydirbare Körper; sie verwandeln sich bei der Oxydation in Säuren von gleichem Kohlenstoffgehalt und entstehen durch Oxydation aus Alkoholen. Ihr gemeinsamer und charakteristischer Bestandtheil ist die einwerthige Gruppe ƟƟH. Viele Aldehyde werden durch reducirende Agentien, in Folge von Wasserstoffaufnahme, in Alkohole verwandelt. Sie vereinigen sich alle mit sauren schwefligsauren Alkalien zu krystallisirbaren Verbindungen, welche beim Erwärmen mit Sodalösung den Aldehyd wieder abgeben. Viele Aldehyde verbinden sich direct mit Ammoniak zu krystallisirbaren Verbindungen, aus welchen sie durch Schwefelsäure wieder abgeschieden werden können.

Bei der Einwirkung von Alkalien verharzen die meisten Aldehyde, oder zersetzen sich unter Bildung des betreffenden Alkohols und der betreffenden Säure (siehe pag. 372).

4. Ketone.

Die Ketone sind ihrer Bildungsweise sowohl, wie ihrer Constitution nach, den Aldehyden nahe verwandt, unterscheiden sich jedoch durch wesentliche Reaction von denselben; vor Allem liefern sie bei der Oxydation keine Säuren von dem gleichen Kohlenstoffgehalt. Sie enthalten als gemeinsamen und charakteristischen Bestandtheil die Gruppe ƟƟ, welche jedoch immer mit zwei einwerthigen Kohlenwasserstoffresten verbunden ist. So ist **Dimethylketon** zusammengesetzt nach der Formel $\text{Ɵ}H_3-\text{ƟƟ}-\text{Ɵ}H_3$.

Die Ketone sind neutrale Körper und vereinigen sich direct mit sauren schwefligsauren Alkalien zu krystallisirbaren Verbindungen.

Die Ketone verwandeln sich durch Wasserstoffaufnahme in Pseudoalkohole.

5. Phenole.

Die **Phenole** sind Hydroxylderivate einer besonderen Art von Kohlenwasserstoffen; ihrer Zusammensetzung und Constitution nach sind sie den Alkoholen verwandt, unterscheiden sich jedoch durch wichtige Reactionen von denselben. Sie geben bei der Oxydation keine Aldehyde und Säuren und können namentlich nicht entstehen durch Zersetzung der ihnen entsprechenden Chlor-, Brom- oder Jodsubstitutionsproducte jener Kohlenwasserstoffe, von welchen sie sich ableiten, welche Entstehungsweise für die ächten Alkohole sowohl wie für die Pseudoalkohole wichtig ist. Der in dem Hydroxyl der Phenole enthaltene Wasserstoff ist ebenso vertretbar, wie der Hydroxylwasserstoff der ächten und der Pseudoalkohole, auch kann das Hydroxyl selbst durch die Halogene ersetzt wer-

den. Jedoch findet dieser Ersatz nicht bei der Einwirkung von Salzsäure, Bromwasserstoffsäure oder Jodwasserstoffsäure auf die Phenole statt, sondern geht nur vor sich, wenn die Halogenverbindungen des Phosphors auf die Phenole einwirken.

6. Säureamide.

Durch Erhitzen lässt sich den Ammoniaksalzen vieler organischer Säuren Wasser entziehen, wobei die Säureamide entstehen. Diese Verbindungen leiten sich vom Ammoniak ab, worin der Wasserstoff durch das Radical der Säure vertreten ist. Die Säureamide vereinigen sich zum Theil mit Säuren.

7. Organische Basen.

Die organischen Basen sind Derivate des Ammoniaks, in welchen dessen Wasserstoff ganz oder theilweise durch ein- oder mehrwerthige Kohlenwasserstoffreste oder andere organische Radicale ersetzt ist. Diese Ammoniakderivate vereinigen sich, wie das Ammoniak selbst, direct mit Säuren und so entstehen die Salze dieser Basen; aber auch mit Jod-, Brom- oder Chlorverbindungen von Kohlenwasserstoffresten können sie sich vereinigen. Die so entstehenden Verbindungen werden zum Unterschied von den ersterwähnten, welche den Namen Ammoniakbasen haben, Ammoniumbasen genannt.

Die Ammoniakbasen sind meist unzersetzt flüchtig, während dies bei den Ammoniumbasen nicht der Fall ist.

Mehrwerthige Kohlenwasserstoffreste müssen mehrere Atome Wasserstoff im Ammoniak vertreten, und diese Vertretung muss sich meistens auf Wasserstoffatome von mehreren Molecülen Ammoniak erstrecken, weshalb die Verbindung unter Umständen mehrere Atome Stickstoff enthält. Die Acidität einer organischen Base hängt ab von der Anzahl der in der Verbindung als Ammoniakstickstoff enthaltenen Stickstoffatome.

8. Kohlenwasserstoffe.

Die Kohlenwasserstoffe sind neutrale Körper, deren chemischer Charakter aus den auf pag. 347—349 mitgetheilten Reactionen ersichtlich ist.

9. Substitutionsproducte.

Aus den Beispielen, welche bei der Beschreibung der chemischen Umwandlung organischer Körper bezüglich der Substitution mitgetheilt wurden, ist das Wesentliche für diese Klasse von Verbindungen zu ersehen.

Wir haben hier nur beizufügen, dass durch Substitution der

chemische Charakter einer Verbindung eine wesentliche Veränderung erleiden kann. Während z. B. Phenol keine Säure ist, entstehen durch Nitrirung des Phenols Säuren, die um so stärker sind, je mehr Gruppen NO_2 in das Phenol eingeführt sind; umgekehrt erleidet der basische Charakter des Anilins eine Aenderung durch Einführung von Chlor, so dass das Trichloranilin z. B. keine Base mehr ist.

10. Diazoverbindungen.

Einige Diazoverbindungen sind bereits erwähnt worden (pag. 369); es ist aus der angeführten Bildungsweise und Zersetzung das Wesentliche zu ersehen. Da wir uns jedoch noch nicht mit den Betrachtungen über die nähere Constitution der organischen Verbindungen beschäftigt haben, so können wir uns auch noch nicht weiter über die Natur der Diazoverbindungen verbreiten.

11. Pflanzen- und Thierkörper.

Viele der grossen Massen von Pflanzen- und Thierkörpern sind bereits so genau untersucht, dass man eine Einweisung in die eine oder andere der genannten Körperklassen hat vornehmen können, von vielen ist es jedoch noch ungewiss, zu welcher Klasse sie gehören. Diese Körper mögen deshalb in einer besonderen Gruppe zusammenstehen.

12. Verbindungen, welche verschiedenen Klassen zugleich angehören können.

Es giebt eine grosse Anzahl von Verbindungen, welche mehrere chemische Charaktere in sich vereinigen, dahin gehören:

α) Alkoholsäuren, enthalten sowohl die Gruppe CO_2H, als auch den für die Alkohole charakteristischen Bestandtheil; dahin gehören die Milchsäure, Aepfelsäure, Weinsäure etc. (Diese Säuren werden auch Oxysäuren genannt.)

β) Aldehydsäuren, enthalten die Gruppen CO_2H und COH; ein Beispiel ist die Glyoxylsäure;

γ) Ketonsäuren sind Ketone, in welchen die Gruppe CO_2H an der Stelle eines jener beiden Kohlenwasserstoffreste steht, welche mit CO verbunden sind (siehe pag. 383);

δ) Phenolsäuren sind Phenole, in welchen ein oder mehrere Atome Wasserstoff durch ein oder mehrere CO_2H vertreten sind (Diese Säuren werden auch Oxysäuren genannt.)

ε) Amidsäuren, sind Säuren, in denen ein oder mehrere mit Kohlenstoff direct verbundene Atome Wasserstoff durch ein oder mehrere Gruppen NH_2 vertreten sind; Beispiele sind das Glycocoll, das Leucin;

ζ) Säureamine sind solche Körper, welche sowohl den Charakter einer Säure als auch den einer Base haben, d. h. sowohl die Gruppe CO_2H oder SO_3H ein- oder mehreremal enthalten, als auch die Gruppe NH_2, den Rest des Ammoniaks; Beispiele sind Taurin, sowie viele Abkömmlinge der Cyansäure, bei welchen letzteren übrigens der saure und basische Charakter einander aufgehoben haben.

η) Alkoholbasen sind Basen, welche die für die Alkohole charakteristische Gruppe enthalten; Beispiel ist das Cholin.

ϑ) An Stelle des Hydroxylsauerstoffs in Säuren, Alkoholen und in Aethern kann Schwefel enthalten sein, womit eine weitere Klasse von organischen Verbindungen zu Stande kommt.

ι) Phosphorbasen leiten sich genau ebenso vom Phosphorwasserstoff ab, wie die Ammoniakbasen vom Ammoniak.

13. Organische Metallverbindungen.

Dass Metalle Bestandtheile organischer Verbindungen sind, ist sehr häufig, indem alle Metallsalze organischer Säuren Metalle enthalten; aber neben diesen Verbindungen spielen noch eine Reihe anderer Verbindungen eine grosse Rolle, welche neben Metallen nur Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten, wo dann das Metall jedenfalls an den Kohlenstoff direct gebunden sein muss. In diese Klasse gehören Aethylnatrium, Zinkmethyl $Zn(CH_3)_2$ und andere.

Reihen.

Unter den organischen Verbindungen sind Gruppen von Körpern gleichen chemischen Charakters, deren Glieder in ihren Zusammensetzungen eine einfache Beziehung zeigen. Vergleichen wir z. B. folgende fünf Verbindungen: Ameisensäure CH_2O_2, Essigsäure $C_2H_4O_2$, Propionsäure $C_3H_6O_2$, Buttersäure $C_4H_8O_2$ und Baldriansäure $C_5H_{10}O_2$, so finden wir sowohl bezüglich der chemischen, als auch der physikalischen Eigenschaften eine beachtenswerthe Uebereinstimmung; wir beobachten ferner eine gewisse Regelmässigkeit in der Zusammensetzung dieser Verbindungen, denn wir sehen, dass sich die Formeln durch nCH_2 unterscheiden, wo $n = 1, 2, 3 \ldots$ ist. Diesen Zusammensetzungsdifferenzen entsprechen dann auch Differenzen in einigen physikalischen Eigenschaften; jene Säuren sind unzersetzt destillirbar; der Siedepunkt der kohlenstoffärmsten Säure, der Ameisensäure, liegt am niedrigsten, nämlich bei 100° C. und derjenigen der anderen um

n × (19 bis 20)° C. höher, wobei n dieselbe Bedeutung hat wie oben; so siedet die Essigsäure bei 119° C., die Propionsäure bei 139° C. u. s. w.; es entspricht also der Zusammensetzungsdifferenz um $ЄH_2$ eine Siedepunktsdifferenz um 19 bis 20° C.

Diese Reihe der fünf Säuren, denen sich noch eine grössere Anzahl von kohlenstoffreicheren Säuren anschliessen, nennt man eine homologe Reihe, und bezeichnet dieselbe näher als Essigsäurereihe, weil die Essigsäure das wichtigste Glied derselben ist, oder als Fettsäurereihe, weil die höheren Glieder Bestandtheile vieler Fette sind.

Neben dieser Essigsäure- oder Fettsäurereihe existiren noch eine Anzahl anderer, ähnlicher Gruppen, welche ebenfalls homologe Reihen sind. Der Holzgeist, der Alkohol, der Propylalkohol, Butylalkohol und Amylalkohol bilden mit einander eine homologe Reihe.

Wir haben oben gesehen, dass die Glieder einer solchen Gruppe gleichen chemischen Charakter haben, d. h. dass sie analoge Zersetzungen erleiden und nach analogen Methoden gebildet werden können, wir sehen daher, dass die genannten Körper in genetischer Beziehung zu solchen Körpern stehen, welche mit einander ebenfalls homologe Reihen bilden. Zu Essigsäure stehen in näherer genetischer Beziehung folgende Körper:

Aldehyd,	Alkohol,	Acetamid.	Chloracetyl.
$Є_2H_4Θ$	$Є_2H_6Θ$	$Є_2H_5ΘN$	$Є_2H_3ΘCl$

Analoge Abkömmlinge haben die Propionsäure, Buttersäure und Baldriansäure etc., und wenn wir die sämmtlichen Körper mit einander vergleichen, so erhalten wir folgendes System:

Ameisensäure	Formaldehyd	Holzgeist	Formamid	—
$ЄH_2Θ_2$	$ЄH_2Θ$	$ЄH_4Θ$	$ЄH_3ΘN$	—
Essigsäure	Acetaldehyd	Weingeist	Acetamid	Acetylchlorid
$Є_2H_4Θ_2$	$Є_2H_4Θ$	$Є_2H_6Θ$	$Є_2H_5ΘN$	$Є_2H_3ΘCl$
Propionsäure	Propionaldehyd	Propylalkohol	Propionamid	Propionylchlorid
$Є_3H_6Θ_2$	$Є_3H_6Θ$	$Є_3H_8Θ$	$Є_3H_7ΘN$	$Є_3H_5ΘCl$
Buttersäure	Butyraldehyd	Butylalkohol	Butyrylamid	Butyrylchlorid
$Є_4H_8Θ_2$	$Є_4H_8Θ_2$	$Є_4H_{10}Θ$	$Є_4H_9ΘN$	$Є_4H_7ΘCl$
Baldriansäure	Valeral	Amylalkohol	Valeramid	Valerylchlorid
$Є_5H_{10}Θ_2$	$Є_5H_{10}Θ_2$	$Є_5H_{12}Θ$	$Є_5H_{11}ΘN$	$Є_5H_9ΘCl$

Die Zusammensetzungsdifferenz der einander nächststehenden Glieder der Verticalreihen ist stets $ЄH_2$ und die letzteren sind homologe Reihen, weil der chemische Charakter der einzelnen Glieder derselben Verticalreihe der gleiche ist.

Die genetischen Beziehungen, welche zwischen den einzelnen

Gliedern der Horizontalreihen bestehen, lässt eine Zusammenfassung derselben in Reihen passend erscheinen; man nennt solche Reihen **heterologe** oder **genetische Reihen**. Die physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Glieder einer heterologen Reihe sind jedoch nicht so übereinstimmend, wie dies bei den Gliedern der homologen Reihen der Fall ist, indem z. B. solche Siedepunktsregelmässigkeiten, wie sie bei der Essigsäurereihe beobachtet worden sind, nicht existiren.

Wir können jedoch die Classification in Reihen noch in anderer Richtung hin ausführen, können nämlich die verschiedenen Körper gleichen chemischen Charakters und von gleichem Kohlenstoffgehalt zusammenstellen und erhalten dann, z. B. von der Propionsäure ausgehend, folgende Reihen:

1.	2.	3.	4.	5.
Propionsäure	Acrylsäure	Milchsäure	Malonsäure	Oxymalonsäure
$C_3H_6O_2$	$C_3H_4O_2$	$C_3H_6O_3$	$C_3H_4O_4$	$C_3H_4O_5$
einbasisch	einbasisch	einbasisch	zweibasisch	zweibasisch

von denen 1 und 3, ferner 2, 4 und 5 wieder unter einander in einfacherer Beziehung, betreffs der Zusammensetzung, stehen.

Die Kohlenwasserstoffe lassen sich unter einander in mehrere homologe Reihen ordnen, deren einzelne, bezüglich des Kohlenstoffgehaltes übereinstimmende Glieder unter einander eine sogen. **isologe Reihe** bilden.

Wir haben folgende homologe Reihen von Kohlenwasserstoffen:

Methylwasserstoff	CH_4						
Aethylwasserstoff	C_2H_6	Aethylen	C_2H_4	Acetylen	C_2H_2		
Propylwasserstoff	C_3H_8	Propylen	C_3H_6	Allylen	C_3H_4		
Diaethyl	C_4H_{10}	Butylen	C_4H_8	Crotonylen	C_4H_6		
Amylwasserstoff	C_5H_{12}	Amylen	C_5H_{10}	Valerylen	C_5H_8		
Caproylwasserstoff	C_6H_{14}	Caproylen	C_6H_{12}	Diallyl	C_6H_{10}	Benzol	C_6H_6

Die Verticalreihen sind homologe Reihen, während die in einer Horizontalreihe stehenden Kohlenwasserstoffe Glieder derselben isologen Reihen sind und sich durch den Wasserstoffgehalt von einander unterscheiden.

Diese Gruppirung der organischen Verbindungen in Reihen hat wegen der Uebersichtlichkeit der grossen Masse organischer Verbindungen sehr vielen Werth.

Constitution der organischen Verbindungen.

In den vorherigen Abschnitten haben wir uns sehr vielfach der chemischen Formeln bedient und dabei häufig schon mit Hülfe derselben nicht allein die Zusammensetzung der betreffenden Verbindungen bezeichnet, sondern auch die nächstliegende Constitution derselben angedeutet.

Wir haben damit die Bedeutung solcher aufgelösten Formeln einsehen lernen und wollen nun die Methoden etwas näher in's Auge fassen, welche eingeschlagen werden müssen, um eine sichere Kenntniss der Constitution einer organischen Verbindung zu erlangen. Vielfach kommt uns dabei die Kenntniss der Werthigkeit der Elemente zu Statten, aber hauptsächlich sind wir doch auf die Interpretation der chemischen Eigenschaften der Körper angewiesen.

Wir werden bei den folgenden Betrachtungen auch klarer zur Erkenntniss dessen kommen, was man unter der Constitution der organischen Verbindungen versteht.

Ehe wir jedoch zu diesem Gegenstand übergehen können, müssen wir Bekanntschaft machen mit der Methode der

Feststellung der empirischen Formeln.

Unter der empirischen Formel einer chemischen Verbindung versteht man die Bezeichnung der procentischen Zusammensetzung derselben mit Hülfe chemischer Symbole.

Wir werden jedoch damit sogleich die Ermittelung der Molecularformeln verbinden, was nach den Auseinandersetzungen auf pag. 313 und 314 nicht schwierig ist und zum Theil dort schon gezeigt wurde.

Wenn wir die procentische Zusammensetzung einer chemischen Verbindung kennen, so kommen wir durch eine höchst einfache Rechnung zum Ausdruck derselben mit Hülfe chemischer Symbole, indem wir nur die Procentmengen durch die jeweiligen Atomgewichte zu dividiren haben, um in den so gefundenen Quotienten Zahlen zu erhalten, welche in demselben Verhältniss zu einander stehen, wie die Atomanzahlen der einzelnen Elemente.

Die Essigsäure hat die procentische Zusammensetzung wie folgt:

Kohlenstoff . .	40 %
Wasserstoff . .	6,66 %
Sauerstoff . .	53,34 %
	100,00 %.

Führen wir folgende Divisionen aus:

$$40 : 12 = 3,33$$
$$6,66 : 1 = 6,66$$
$$53,34 : 16 = 3,33$$

so erhalten wir die drei Quotienten, welche im Verhältniss 1 : 2 : 1 zu einander stehen, woraus hervorgeht, dass das Atomanzahlenverhältniss des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs ist wie 1 : 2 : 1; danach ist die empirische Formel der Essigsäure CH_2O.

Obige Divisionen führen wir in Folge folgender Betrachtung aus: 1 Gewichtstheil Wasserstoff repräsentirt ein Atom, 6,66 Gewichtstheile also 6,66 Atome; 12 Gewichtstheile Kohlenstoff repräsentiren ein Atom Kohlenstoff, 40 Gewichtstheile wie viel? wir haben also die Proportion anzusetzen, 12 : 1 = 40 : x oder die Division $\frac{40}{12}$ auszuführen, wodurch wir erfahren, dass diese Gewichtsmenge Kohlenstoff 3,33 Atome Kohlenstoff repräsentirt, dass also mit je 6,66 Atomen Wasserstoff 3,33 Atome Kohlenstoff verbunden sind u. s. w. Da wir jedoch Bruchtheile von Atomen nicht annehmen können, so müssen wir das Verhältniss 6,66 : 3,33 auf ganze Zahlen, also am einfachsten auf 2 : 1 reduciren. Dieses eine Beispiel wird die ganze Methode verständlich gemacht haben. Wir erfahren also durch diese Rechnung die möglich einfachste Formel der betreffenden Verbindung, bezüglich der Anzahlenverhältnisse der in derselben enthaltenen Atome. Ob die so gefundene Formel auch zugleich die Molecularformel der Verbindung ist, kann dadurch natürlich nicht entschieden werden. Die letztere wird jedoch leicht ermittelt, wenn das Moleculargewicht der Verbindung bekannt ist. Das Verfahren, welches alsdann einzuschlagen ist, haben wir schon pag. 313 und 314 entwickelt.

Ist eine Verbindung nicht in den vollkommenen Gaszustand überführbar, kann man deshalb ihr Moleculargewicht auch nicht mit Hülfe des Avogadro'schen Satzes bestimmen, so muss man die chemischen Umwandlungen, welche dieselbe erleidet, zu Rathe ziehen. Da man hierbei gleichzeitig die Kenntniss davon erhält, aus welchen näheren und entfernteren Bestandtheilen die Verbindung besteht, also die Constitution derselben kennen lernt, so wollen wir die Feststellung der Molecularformeln solcher Verbindungen, deren Moleculargewicht man nicht kennt, mit der Ermittelung der Constitution verbinden, denn eine Constitutionsformel ist stets auch eine Molecularformel.

Betrachtungen zur Ermittelung der Constitution der chemischen Verbindungen.

1. Kohlenwasserstoffe.

Die Kohlenwasserstoffe sind bezüglich ihrer Zusammensetzung die einfachsten Verbindungen, ihre Constitution lässt sich zum Theil schon aus den Regeln ableiten, welche für die Verbindungsverhältnisse des Kohlenstoffs aus seiner vierwerthigen Natur entspringen; so kann z. B. der Aethylwasserstoff, welchem die Formel C_2H_6 zukommt, keine andere Constitutionsformel, als folgende haben:

```
   H  H
   |  |           CH3
H—C—C—H   oder   |
   |  |           CH3
   H  H
```

Das Aethylen, C_2H_4, kann nur in folgender Weise constituirt sein:

```
H—C=C—H  oder  CH2
  |  |          ||
  H  H          CH2
```

Dem Acetylen, C_2H_2, muss die Constitutionsformel

```
                  CH
H—C≡C—H  oder    |||
                  CH
```

gegeben werden.

Sehen wir ferner die Formel des Methylwasserstoffs an und vergleichen wir dieselbe mit derjenigen des Aethylwasserstoffs, so finden wir, dass sich letztere Verbindung aus ersterer dadurch ableitet, dass an Stelle von Wasserstoff im Methylwasserstoff, Methyl im Aethylwasserstoff steht, denn

```
   CH3           CH3
   |             |
   H             CH3
 Methyl-       Aethyl-
wasserstoff   wasserstoff.
```

Uebertragen wir nun die Vorstellung, welche wir uns von der Beziehung des Aethylwasserstoffs zum Methylwasserstoff machen, auch auf die höheren, kohlenstoffreicheren Glieder dieser Reihe so kommen wir zu folgender Constitutionsformel für den Propylwasserstoff:

$$\begin{array}{c} \quad H \quad H \quad H \\ \quad | \quad\; | \quad\; | \\ H—C—C—C—H \\ \quad | \quad\; | \quad\; | \\ \quad H \quad H \quad H \end{array} \text{ oder } \begin{array}{l} CH_3 \\ CH_2 \\ CH_3 \end{array}$$

indem an Stelle von einem Atom Wasserstoff im Aethylwasserstoff ein CH_3 gesetzt ist.

Dieselbe Anschauungsweise können wir auf die Homologen des Aethylens und diejenigen des Acetylens ausdehnen und erhalten alsdann als Constitutionsformeln des Propylens und Allylens

$$\begin{array}{cc} CH_2 & CH \\ \| & ⦀ \\ CH & C \\ | & | \\ CH_3 & CH_3 \\ \text{Propylen} & \text{Allylen.} \end{array}$$

Hiernach sehen wir, dass die Formeln zweier homologer Verbindungen durch Einführung von CH_3 an Stelle von H oder durch Einführung von H an Stelle von CH_3 auseinander abgeleitet werden können.

Die Kohlenwasserstoffe Propylen und seine Homologen, Acetylen und seine Homologen, haben die Eigenschaft, mit zwei oder vier Atomen Chlor oder Brom sich leicht direct zu vereinigen, was in Folge der Lösung des festeren Gebundenseins jener beiden Kohlenstoffatome möglich ist, welche durch mehr als eine Affinität an einander gekettet sind. So bilden z. B. Aethylen und Acetylen mit Brom folgende Verbindungen:

$$\begin{array}{c} CH_2 \\ \| \\ CH_2 \end{array} + \begin{array}{c} Br \\ \\ Br \end{array} = \begin{array}{c} Br\,CH_2 \\ | \\ Br\,CH_2 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} CH \\ ⦀ \\ CH \end{array} + \begin{array}{c} Br_2 \\ \\ Br_2 \end{array} = \begin{array}{c} Br_2CH \\ | \\ Br_2CH. \end{array}$$

Die vorher durch zwei oder drei Affinitäten vereinigten Kohlenstoffatome hängen nach der Verbindung des Aethylens und Acetylens mit Brom nur noch mit einer Affinität zusammen.

Wir können nun leicht sehen, ob ein Kohlenwasserstoff in seiner ganzen Kohlenstoffkette einmal oder mehreremal doppelte oder dreifache Bindung hat oder nicht. Die Formel C_nH_{2n+2} ist die allgemeine Formel der wasserstoffreichsten Kohlenwasserstoffe, deren Kohlenstoffatome nur durch einfache Bindung zusammenhängen; wird solchen Kohlenwasserstoffen Wasserstoff entzogen, so

erstreckt sich diese Entziehung immer auf eine paare Anzahl von Wasserstoffatomen, wobei gleichfalls eben so oft eine doppelte Bindung der Kohlenstoffatome eintritt als Paare Wasserstoff ausgetreten sind; es werden also die Kohlenwasserstoffe der Reihe $C_n H_{2n}$, wohin das Aethylen gehört, einmal doppelte Bindung zeigen, diejenige der Reihe $C_n H_{2n-2}$ zweimal doppelte oder einmal dreifache Bindung, denn die durch Entnahme von Wasserstoff frei gewordenen Affinitäten der Kohlenstoffatome werden zur gegenseitigen innigeren Bindung verbraucht werden. Daraus folgt ferner, dass wenn einem Kohlenwasserstoff zwei Atome Wasserstoff entzogen werden, diese Entziehung immer zwei verschiedene Kohlenstoffatome betreffen muss. Wird z. B. Aethylwasserstoff in Aethylen verwandelt, so geben die beiden Gruppen CH_3 des Aethylwasserstoffs je ein Atom Wasserstoff ab und es tritt doppelte Bindung der Kohlenstoffatome ein, wie aus den Formeln dieser Verbindungen pag. 391 zu ersehen ist. Die gleiche Betrachtung ist bei der Verwandlung des Aethylens in Acetylen massgebend.

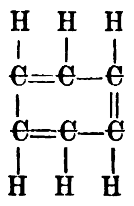
Die chemischen Eigenschaften der genannten Kohlenwasserstoffe sind eine Stütze für unsere Ansicht über ihre Constitution. Dieselben vereinigen sich nämlich ungemein leicht direct mit zwei resp. vier einwerthigen Atomen und gehen dadurch in Verbindungen der Formel $C_n H_{2n+2}$ über.

Im Gegensatz zu der Kohlenstoffbindung in den genannten Verbindungen haben wir im Benzol einen Körper von offenbar anderer Constitution vor uns. Wenn $C_n H_{2n+2}$ die einfachste Bindung der Kohlenstoffatome zeigt, so werden $C_n H_{2n}$ einmal doppelte, $C_n H_{2n-2}$ zweimal doppelte, $C_n H_{2n-4}$ dreimal doppelte und $C_n H_{2n-6}$ viermal doppelte Bindung haben. Zur letzten Reihe gehört das Benzol, in welchem $n = 6$, also die Formel $C_6 H_6$ ist. Nach unserem oben ausgesprochenen Satze müsste sich Benzol mit $4 \times 2 = 8$ einwerthigen Atomen vereinigen können, denn hierdurch würde die viermalige doppelte Bindung in einfache Bindung übergehen. Das Benzol vereinigt sich aber nur mit sechs einwerthigen Atomen, bildet zum Beispiel das Benzolhexachlorid, $C_6H_6Cl_6$, liefert aber keine Verbindung der Reihe $C_n H_{2n+2}$, woraus folgt, dass Benzol nur dreimal doppelte Bindung haben kann, während die beiden andern übrigen Affinitäten zur Schliessung der Kohlenstoffkette verwendet werden.

Wir haben also im Benzol eine geschlossene Kohlenstoffkette und in den anderen vorher genannten Kohlenwasserstoffen offene Kohlenstoffketten. Die Kohlenstoffgerüste der verschiedenen Kohlenwasserstoffe wären demnach etwa derart construirt, wie es die Formeln auf pag. 339 zeigen, wobei für das Gerüste des Benzols auch die folgende Anordnung gebraucht werden kann:

```
|   |   |
C — C = C
‖       |
C — C = C
```

Das Benzol hat demnach die Formel:



In diesen Formeln mögen die nach auswärts gerichteten Striche diejenigen Affinitäten bedeuten, welche zur Vereinigung einwerthiger Atome oder einwerthiger Gruppen mit dem Kohlenstoffgerüste führen.

Das Benzol steht also, wir wir sehen, bezüglich seiner Constitution den anderen erstgenannten Kohlenwasserstoffen fern, es bildet denn auch mit seinen Homologen eine besondere Gruppe von Körpern, die sich in ihrem chemischen Verhalten mannigfach von den anderen Kohlenwasserstoffen und ihren Derivaten unterscheiden. Man hat die beiden Gruppen von Kohlenwasserstoffen zur leichteren Bezeichnung mit besonderen Namen belegt und bezeichnet die Verbindungen mit offener Kohlenstoffkette als **Fettkörper** (weil die Essigsäure- oder Fettsäurereihe als wichtigste Reihe zu den Derivaten dieser Kohlenwasserstoffe gehört) und die Verbindungen mit geschlossener Kohlenstoffkette als **aromatische Verbindungen**.

Der Unterschied dieser beiden Klassen von Kohlenwasserstoffen mit ihren jeweiligen Derivaten ist in chemischer und physikalischer Beziehung ein sehr bedeutender, deshalb theilt man auch die organischen Verbindungen, deren Constitution man überhaupt kennt, in **Fettkörper** und **aromatische Verbindungen** ein.

Wir werden später bei der Besprechung der aromatischen Verbindungen auf den chemischen Unterschied dieser Körperklassen noch einmal zu reden kommen. Vorläufig sei nur bemerkt, dass sich die Homologen des Benzols ebenso vom Benzol ableiten, wie die Homologen des Methylwasserstoffs von diesem, indem nämlich CH_3 an die Stelle von H tritt.

Wenn wir die Zusammensetzung der verschiedenen Reihen von Kohlenwasserstoffen betrachten, so bemerken wir, dass in derjenigen Reihe, deren kohlenstoffärmstes Glied das Aethylen ist, sämmtliche Glieder gleiche procentische Zusammensetzung haben.

Sie enthalten alle 85,62 % Kohlenstoff und 14,28 % Wasserstoff und unterscheiden sich nur durch ihr Moleculargewicht, woraus die verschiedenen Formeln sich ergeben. Diese Kohlenwasserstoffe nennt man polymere Verbindungen. Wir werden bald noch mehrere Fälle von Polymerie kennen lernen.

Die Kohlenwasserstoffe bilden die Grundlage für die Erkennung der Constitution der anderen Verbindungen. Wir können zwar jetzt nicht die Constitution sämmtlicher Körperklassen ins Detail verfolgen, wollen jedoch die wichtigsten Derivate der Kohlenwasserstoffe betrachten.

Die bei den letzten Betrachtungen gebrauchten Formeln sind aufgelöste Formeln. Ihr beständiger Gebrauch wäre höchst unbequem, und wird man sich derselben nur zu bedienen haben, wenn man sie als Ausgangspunkt für theoretische Betrachtungen benutzt; aber auch hierbei ist es nicht nöthig, die Formeln stets vollständig aufzulösen, sondern man wird, je nach den Eigenschaften, welche man hervorheben will, bald diese, bald jene Schreibweise gebrauchen. Die Formel für den Methylwasserstoff pag. 338 und die hieran sich anschliessenden des Aethylwasserstoffs und ihrer Homologen, können sehr mannigfach angeordnet werden; so kann man z. B. für den Aethylwasserstoff ausser der auf pag. 391 angegebenen aufgelösten Formel noch folgende gebrauchen:

$$CH_3\,CH_3 \text{ oder } \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{matrix},\quad CH_2\,CH_3\,H,\quad C_2H_5\,H \text{ oder } \left.\begin{matrix} C_2H_5 \\ H \end{matrix}\right\},\quad C_2H_6;$$

alle diese Schreibarten sind gleichberechtigt und wir wählen uns für unsere Zwecke gerade diejenige heraus, welche am bequemsten ist.

Für das Benzol wird man nur selten die aufgelöste Formel auf pag. 394 zu schreiben haben, man wird sich der zusammengezogenen Formeln häufiger bedienen und z. B. folgende Schreibweise öfters vorziehen:

$$C_6H_5\,H \text{ oder } \left.\begin{matrix} C_6H_5 \\ H \end{matrix}\right\} \text{ oder } H\,C_6H_5,\quad C_6H_4H_2 \text{ oder } \left.\begin{matrix} C_6H_4 \\ H_2 \end{matrix}\right\},\quad C_6H_6$$

u. a. Auch die aufgelösten Formeln kann man selbstverständlich verschieden gruppiren und die Formel des Benzols auch schreiben:

```
         H   H
         |   |
        /C═C\
   H—C         C—H
       \\C—C//
         |   |
         H   H
```

Eine noch bedeutendere Mannigfaltigkeit in der Schreibweise erlauben nun die Derivate der Kohlenwasserstoffe, und zwar um so grösser, je complicirter die Zusammensetzung der Verbindung ist. Wir wollen diesen Gegenstand übrigens in einem besonderen Kapitel, welches als Anhang dem ganzen chemischen Theile dieses Buches beigefügt ist, besprechen.

2. Alkohole.

Die einsäurigen Alkohole Methylalkohol, Holzgeist CH_4O; Aethylalkohol; Weingeist, C_2H_6O; Propylalkohol, C_3H_8O und Butylalkohol, $C_4H_{10}O$, sind Glieder derselben homologen Reihe, ihre chemischen Eigenschaften sind analog, folglich dürfen wir auch annehmen, dass ihre Constitution eine analoge ist; wir können also die bei dem Methylalkohol erlangten Vorstellungen auch auf die Homologen desselben übertragen.

Die Constitution des Methylalkohols kann nur folgende sein:

```
    H
    |
H—C—O—H   oder CH3 OH
    |
    H
```

Wir sehen also in diesem Alkohol ein Hydroxyl an einen solchen Kohlenstoff gebunden, welcher keinen Sauerstoff mehr direct bindet.

Dem Aethylalkohol werden wir deshalb folgende Constitutionsformel geben:

```
  H H
H—C—C—O—H oder CH3 CH2 OH oder C2 H5 OH
  H H
```

Propylalkohol wird alsdann:

```
  H  H  H
  |  |  |
H—C—C—C—OH oder CH3—CH2—CH2—OH oder C3 H7OH.
  |  |  |
  H  H  H
```

Butylalkohol erhält die Formel:

```
  H  H  H  H
  |  |  |  |
H—C—C—C—C—OH   oder CH3—CH2—CH2—CH2—OH
  |  |  |  |
  H  H  H  H
          oder C4 H9 OH.
```

Nun beobachten wir aber die interessante Thatsache, dass es noch eine Verbindung giebt, welche dieselbe Zusammensetzung hat, wie der Propylalkohol, auch alle solche chemischen Eigenschaften mit demselben gemein hat, welche sich auf das Hydroxyl beziehen. Beim Butylalkohol beobachten wir die Existenz von noch zwei anderen Alkoholen von gleicher Zusammensetzung. Diese Erscheinung nennt man die Isomerie, und es liegt nun die Aufgabe vor, dieselbe zu erklären.

Wir haben durch die vorhergehenden Betrachtungen wohl einsehen lernen, dass die chemischen Eigenschaften der Körper und ihre Constitution in einer Beziehung stehen, so zwar, dass sie gegenseitig einander bedingen; wir werden deshalb auch die Verschiedenheit des Propylalkohols und des isomeren Isopropylalkohols, welchen Namen man diesem Körper gegeben hat, in einer Verschiedenheit der Constitution dieser beiden Körper suchen, und zwar werden wir die Verschiedenheit in demjenigen Theile zu suchen haben, welcher auch in chemischer Beziehung den Unterschied der beiden Körper bedingt. Während der gewöhnliche Propylalkohol bei seiner Oxydation zuerst einen Aldehyd, dann die Propionsäure liefert, verwandelt sich der Isopropylalkohol bei der Oxydation in Aceton oder Dimethylketon. Die Oxydation der beiden Körper erstreckt sich aber auf den Theil C_3H_7 des Propylalkohols, folglich liegt die Verschiedenheit der beiden Alkohole in der verschiedenen Constitution dieses Theils.

Wenn also der Propylalkohol die Formel:

$$\begin{array}{ccccccccc} & & H & & H & & H & & \\ & & | & & | & & | & & \\ H & — & C & — & C & — & C & — & OH \\ & & | & & | & & | & & \\ & & H & & H & & H & & \end{array} \quad \text{oder } CH_3\,CH_2\,CH_2\,OH$$

hat, wird dem Isopropylalkohol die Formel:

$$\begin{array}{ccccc} & & H & & \\ & & | & & \\ H & — & C & — & H \\ & & | & & \\ H & — & C & — & OH \\ & & | & & \\ H & — & C & — & H \\ & & | & & \\ & & H & & \end{array} \quad \text{oder} \quad \begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH—OH \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

zukommen, aus welchen beiden Formeln sich denn auch leicht die Entstehung der verschiedenen Oxydationsproducte erklärt.

$$\underset{\text{Propylalkohol}}{CH_3-CH_2-CH_2OH} \text{ wird zu } \underset{\text{Propionaldehyd}}{CH_3-CH_2-COH} \text{ und}$$

$$\underset{\text{Propionsäure.}}{CH_3-CH_2-COOH}$$

$$\underset{\text{Isopropylalkohol}}{\begin{matrix} CH_3 \\ CH\ \ OH \\ CH_3 \end{matrix}} \quad \text{wird zu} \quad \underset{\text{Aceton.}}{\begin{matrix} CH_3 \\ CO \\ CH_3 \end{matrix}}$$

Dieselbe Betrachtung wollen wir nun auf den Butylalkohol und dessen Isomere übertragen. Wir erhalten alsdann folgende Formeln:

$$CH_3-CH_2-CH_2-(CH_2-OH) \quad \text{gewöhnlicher Butylalkohol,}$$

$$CH_3-CH_2-\underset{\substack{|\\ CH_3}}{(CH}-OH) \quad \text{secundärer Butylalkohol,}$$

$$CH_3-(\overset{\substack{CH_3\\ |}}{\underset{\substack{|\\ CH_3}}{C}}OH) \quad \text{tertiärer Butylalkohol.}$$

Die drei Formeln geben ein vollständiges und richtiges Bild von der Lagerung der Atome in den drei isomeren Butylalkoholen. Der gewöhnliche Butylalkohol enthält, wie wir sehen, den Theil $CH_2(OH)$ verbunden mit einem einwerthigen Kohlenwasserstoffrest, C_3H_7, und ist deshalb ein ächter Alkohol, denn bei seiner Oxydation geht der Theil CH_2OH zunächst in COH und hierauf in $COOH$, den charakteristischen Bestandtheil der Carbonsäuren, über. Der secundäre Butylalkohol enthält die zweiwerthige Gruppe $CH(OH)$, verbunden mit den einwerthigen Kohlenwasserstoffresten C_2H_5 und CH_3; die Gruppe $CHOH$ liefert bei ihrer Oxydation CO, folglich entsteht bei der Oxydation des secundären Butylalkohols ein Keton, denn CO ist mit zwei Kohlenwasserstoffresten verbunden. Der tertiäre Butylalkohol enthält die dreiwerthige Gruppe $C(OH)$, verbunden mit drei einwerthigen Kohlenwasserstoffresten CH_3. Dieser Alkohol liefert bei seiner Oxydation keinen Keton und keine Säure von gleichem Kohlenstoffgehalt. Man nennt die beiden letzten Alkohole Pseudoalkohole.

Die Resultate dieser ganzen Betrachtung sind also folgende Sätze:

Die einsäurigen Alkohole und Pseudoalkohole (secundäre und tertiäre Alkohole) sind Verbindungen von einwerthigen Kohlenwasserstoffresten mit einem Hydroxyl.

Die Isomerie der Alkohole mit den Pseudoalkoholen liegt in der verschiedenen Constitution jener Kohlenwasserstoffreste.

Die verschiedene relative Stellung der Atome in den Verbindungen hängt zusammen mit einer entsprechenden Verschiedenheit der chemischen Eigenschaft.

Es mag noch bemerkt werden, dass man die hier genannten Kohlenwasserstoffreste Alkoholradicale nennt.

Wir haben hier nur die einwerthigen oder einsäurigen Alkohole besprochen, wollen jedoch sogleich bemerken, dass ganz ähnliche Betrachtungen auch über die Constitution der mehrwerthigen oder mehrsäurigen Alkohole angestellt werden können. Die Radicale der zweisäurigen Alkohole sind natürlich zweiwerthig u. s. w.

Die hier aufgeführten Fälle von Isomerie sind nur ein kleiner Theil der grossen Anzahl von Isomeriefällen bei den Alkoholen. Auch in den anderen Klassen von Verbindungen sind zahlreiche Isomerien beobachtet. Wenn wir die bei diesen wenigen Beispielen gefundenen Resultate weiter verfolgen, so kommen wir zur Berechnung von Isomerien nach einem höchst einfachen Verfahren.

Wir wissen, dass die relative Stellung der Atome von Einfluss auf den chemischen Charakter der Verbindungen ist und können daher durch eine, die Werthigkeit der Elemente berücksichtigende, Verschiebung der Atomzeichen Formeln erhalten, welche offenbar verschiedenen Verbindungen zukommen müssen.

Wir werden z. B. bei den Kohlenwasserstoffen den höheren Gliedern der Reihe eine in mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt immer steigende Anzahl von Isomerien berechnen können. Nur eine verhältnissmässig geringe Zahl dieser Isomerien ist wirklich bekannt, aber es gelingt den Chemikern immer mehr derselben darzustellen.

Nach dieser Entwicklung haben wir die Alkohole als Hydroxylderivate von Kohlenwasserstoffen anzusehen, es erscheint z. B. der Aethylalkohol als Aethylwasserstoff, in welchem Wasserstoff durch Hydroxyl ersetzt ist.

Wenn wir in gleicher Weise die zweisäurigen Alkohole untersuchen, so finden wir, dass sich dieselben dadurch von den Kohlenwasserstoffen unterscheiden, dass sie zwei Hydroxyle an Stelle von zwei Atomen Wasserstoff enthalten.

Dreisäurige Alkohole erscheinen uns demnach als Trihydroxylderivate der Kohlenwasserstoffe.

Die folgende Zusammenstellung wird das Gesagte erläutern:

Propylwasserstoff	Propylalkohol	Propylenalkohol	Glycerin
Є_3H_8	$\text{Є}_3H_7\text{Θ}H$	$\text{Є}_3H_6(\text{Θ}H)_2$	$\text{Є}_3H_5(\text{Θ}H)_3$
.	(einsäurig)	(zweisäurig)	(dreisäurig).

Der in dem Hydroxyl enthaltene Wasserstoff ist sowohl durch Metalle als auch durch Alkohol- und Säureradicale vertretbar. Die Metallverbindungen nennt man Aethylate, Propylate u. s. w. Die Verbindungen, welche durch Eintritt von Alkohol- oder Säureradicalen entstehen, nennt man Aether. So bildet z. B. der Aethylalkohol folgende Aether mit Alkoholradicalen:

C_2H_5OH	Aethylalkohol	$\left(\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}O\Big)$
$C_2H_5OC_2H_5$	Aethyläther (gew. Aether)	$\left(\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}\right\}O\Big)$
$C_2H_5OCH_3$	Aethylmethyläther	$\left(\begin{matrix}C_2H_5\\CH_3\end{matrix}\right\}O\Big)$

Dass wir die letztere Verbindung auch vom Methylalkohol ableiten können, liegt auf der Hand.

Die Aether mit Säureradicalen werden bei den Säuren beschrieben werden.

Die mehrsäurigen Alkohole verhalten sich analog.

3) Isomerien bei den Kohlenwasserstoffen C_nH_{2n+2}.

Das unterste Glied dieser Reihe ist das Sumpfgas, der Methylwasserstoff CH_4; ein Isomeres dieser Verbindung ist nicht denkbar, weil keine andere Constitution als

$$\begin{matrix} & H & \\ & | & \\ H— & C & —H \\ & | & \\ & H & \end{matrix}$$

möglich ist. Auch Aethylwasserstoff hat kein Isomeres, denn die Verbindung C_2H_6 kann nicht anders constituirt sein, als $CH_3—CH_3$; auch für den Kohlenwasserstoff C_3H_8 ist nur eine Constitution möglich, denn derselbe leitet sich vom Aethylwasserstoff durch Vertretung von einem Atom Wasserstoff durch ein CH_3 ab, und es ist einerlei, welches von jenen sechs Atomen Wasserstoff ersetzt wird; wir erhalten immer: $CH_3—CH_2—CH_3$. Der Kohlenwasserstoff C_4H_{10} kann jedoch verschiedenartig constituirt sein. Er leitet sich ab von C_3H_8 durch Vertretung von H durch CH_3; C_3H_8 hat die Constitutionsformel:

$$CH_3—CH_2—CH_3.$$

Es ist nun offenbar nicht einerlei, an welches dieser drei Kohlenstoffatome das neue CH_3 gebunden ist oder in welcher der drei Gruppen Wasserstoff durch CH_3 substituirt wird. Wir können uns sowohl die Formel

1) $CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$

als auch die Formel

2) $CH_3—CH_2—CH_3$
$\;|$
CH_3

denken und hätten demnach die Möglichkeit zweier isomerer Butylwasserstoffe.

Die Isomeriefälle des Amylwasserstoffs sind, nach demselben Princip berechnet, folgende:

1) $CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$

2) $CH_3—CH—CH_2—CH_3$
$\qquad\quad|$
$\qquad CH_3$

$\qquad CH_3$
$\qquad\quad|$
3) $CH_3—C—CH_3$
$\qquad\quad|$
$\qquad CH_3$

Die Anzahl der Isomerien ist also bei dem Kohlenwasserstoff C_5H_{12} schon gleich drei.

4. Isomerien bei den Kohlenwasserstoffen C_nH_{2n}.

Das Aethylen ist das unterste Glied dieser Reihe. Diese Verbindung hat kein Isomeres. Das Propylen C_3H_6 kann dagegen folgende Formeln haben:

1) $CH_2{=}CH—CH_3$

2) $CH_2—CH_2—CH_2$
$\;|\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots|$

Das Butylen C_4H_8 kann in folgenden isomeren Verbindungen existiren:

1) $CH_2{=}CH—CH_2—CH_3$

2) $CH_2{=}C—CH_3$
$\qquad\quad|$
$\qquad CH_3$

3) $CH_3—CH{=}CH—CH_3$

4) $CH_2—CH_2—CH—CH_3$
$\;|\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots|$

5) $CH_2—CH_2—CH_2—CH_2$
$\;|\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots|$

6) $CH_2—CH(CH_3)—CH_2$ (with a dotted bond joining the two end CH_2 groups)

Die Zahl der möglichen Isomerien steigt nun mit wachsendem Kohlenstoffgehalt ungemein rasch.

5. Isomerien bei den einsäurigen Alkoholen.

Die Isomerie des Propylalkohols mit dem Isopropylalkohol ist schon genügend auseinandergesetzt worden, auch haben wir einige Isomeren des Butylalkohols bereits besprochen. Die Zahl der Isomerien ist bei dieser Substanz jedoch nicht drei, sondern vier. Denn wir haben folgende Formeln:

$CH_3—(OH)$ — Methylalkohol — (CH_3 = Methyl)

$CH_3CH_2—(OH)$ — Aethylalkohol — ($CH_3CH_2 = C_2H_5$ = Aethyl, oder methylirtes Methyl)

1) $CH_3—CH_2—CH_2—(OH)$ — Propylalkohol. — ($CH_3—CH_2—CH_2 = C_3H_7$ = Propyl, äthylirtes Methyl oder methylirtes Aethyl)

2) $CH_3—CH(CH_3)—(OH)$ — Isopropylalkohol — ($CH_3—CH(CH_3)— = C_3H_7$ = Isopropyl, Dimethylirtes Methyl)

1) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-(OH)$ — Butylalkohol (normaler primärer) — ($CH_3-CH_2-CH_2-CH_2- = C_4H_9$ Butyl, oder methylirtes Propyl, äthylirtes Aethyl oder propylirtes Methyl;)

2) $CH_3—CH(CH_3)—CH_2—(OH)$ — Isobutylalkohol (primärer) — ($CH_3—CH(CH_3)—CH_2— = C_4H_9$ Isobutyl, isopropylirtes Methyl, dimethylirtes Aethyl;)

3) $CH_3—CH_2—CH(CH_3)—(OH)$ — secundärer Butylalkohol — ($CH_3—CH_2—CH(CH_3)— = C_4H_9$ Methylirtes Isopropyl, methylirtäthylirtes Methyl;)

4) $CH_3—C(CH_3)_2—(OH)$ — tertiärer Butylalkohol — ($CH_3—C(CH_3)_2— = C_4H_9$ Trimethylirtes Methyl.)

Nach diesen Entwicklungen ist es nicht schwer, die Isomerien der höheren Glieder der Reihe zu entwickeln, indem man nur aus dem nächst niederen Glied der Reihe die verschiedenen Isomerien dadurch entwickelt, dass man Methyl, $\mathrm{CH_3}$, an die Stelle verschiedener Wasserstoffatome setzt, wobei nur zu bedenken ist, dass die an dasselbe Kohlenstoffatom gebundenen Wasserstoffatome immer gleichwerthig sind, es also einerlei ist, ob in der Gruppe

$$\begin{array}{c} _{(1)}\mathrm{H}-\mathrm{C}-\mathrm{H}_{(2)} \\ | \\ _{(3)}\mathrm{H} \end{array}$$

das Wasserstoffatom (1) oder (2) oder (3) ersetzt wird.

6. Constitution der Säuren.

a) Die einbasischen Carbonsäuren enthalten einmal die einwerthige Gruppe $\mathrm{CO_2H}$, und zwar verbunden mit einem einwerthigen Alkoholradical. Die Formeln, welche auf pag. 365 für die einbasischen Carbonsäuren und einige ihrer Salze gegeben wurden, sind Ausdrücke für diese Ansicht. Die Salze der einbasischen Säuren enthalten das Metall in der Gruppe $\mathrm{CO_2H}$, resp. an Stelle dieses Wasserstoffs.

Die Aether sind den Salzen ganz analog zusammengesetzt und enthalten an Stelle des Carboxylwasserstoffs ein Alkoholradical. Der Essigsäure-Aethyläther hat z. B. die Constitutionsformel

$$\mathrm{CH_3COOC_2H_5}.$$

Der in den Säuren mit dem Hydroxyl verbundene Rest, also das Alkoholradical und das CO des Carboxyls zusammen, wird das Säureradical genannt. Das Radical der Essigsäure ist Acetyl, $\mathrm{CH_3CO}$. Die Aether können selbstverständlich auch von den Alkoholen abgeleitet werden, wenn man den Hydroxylwasserstoff derselben durch das Säureradical vertreten lässt.

Das Chloracetyl ist die Chlorverbindung dieses Radicals. Dass dieses Radical nicht etwa ein fester zusammengesetzter Kern der Essigsäure ist, geht aus den Betrachtungen auf pag. 363 hervor. Man hat diesen Theil der Essigsäure das Radical derselben genannt und ihm den Namen Acetyl gegeben, weil die Essigsäure mehrere wichtige Zersetzungen erleidet, wobei dieser Theil unverändert bleibt.

Das Essigsäureanhydrid enthält das Radical der Essigsäure, also Acetyl an Stelle des Carboxylwasserstoffs, und hat die Formel

$$(\mathrm{CH_3CO})-\mathrm{O}-(\mathrm{CH_3CO}).$$

Diese Verbindung zersetzt sich mit Wasser unter Bildung von zwei Molecülen Essigsäure nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Essigsäureanhydrid}}{\left.\begin{matrix} CH_3CO \\ CH_3CO \end{matrix}\right\} O} + \begin{matrix} H \\ OH \end{matrix} = \underset{\text{Essigsäure.}}{\begin{matrix} CH_3COOH \\ CH_3COOH \end{matrix}}$$

Das Radical der Essigsäure kann übrigens auch an Stelle von Carboxylwasserstoff in anderen Säuren treten, wobei sog. gemischte Anhydride entstehen; z. B. Propionsäure-Essigsäure-Anhydrid hat die Formel:

$$(C_2H_5CO)—O—(CH_3CO)$$

Dass man diese Verbindung auch von der Essigsäure ableiten kann, indem man deren Carboxylwasserstoff durch das Radical der Propionsäure, Propionyl, C_2H_5CO, vertreten annimmt, liegt auf der Hand.

Wir sehen, dass Anhydride, Aether und Salze analog constituirt sind und finden die Analogie in einigen Zersetzungen, welche diese Arten von Körpern erleiden, wieder; schliessen also daraus, dass diese Art von Zersetzungen weniger abhängig ist von der Natur der in der Verbindung enthaltenen Radicale als von der relativen Stellung dieser Radicale zu einander. Daraus können wir weiter einen Schluss ziehen auf die Bedeutung der relativen Stellung der Atome in einer Verbindung bezüglich der chemischen Eigenschaften.

Da wir in dem letzten Abschnitte mit der Constitution der Alkoholradicale bekannt geworden sind, so können wir uns nun vollständig aufgelöste Constitutionsformeln, z. B. für die Salze, Aether und Anhydrid der Propionsäure, bilden.

Das propionsaure Kali hat die Formel:

```
    H  H  O
    |  |  ‖
H — C — C — C — O — K
    |  |
    H  H
```

Der Propionsäureäthyläther hat die Formel:

```
    H  H  O     H  H
    |  |  ‖     |  |
H — C — C — C — O — C — C — H
    |  |        |  |
    H  H        H  H
```

Das Propionsäure-Essigsäureanhydrid hat die Formel:

$$\begin{array}{ccccccccccccccc} & & H & & H & & O & & & & O & & H & & \\ & & | & & | & & \| & & & & \| & & | & & \\ H & - & C & - & C & - & C & - & O & - & C & - & C & - & H \\ & & | & & | & & & & & & & & | & & \\ & & H & & H & & & & & & & & H & & \end{array}$$

Wir sehen in den beiden letzten Formeln die in einer Horizontalreihe stehende Kohlenstoffkette, unterbrochen durch ein Atom Sauerstoff; an dieser Stelle ist die Verbindung am leichtesten zu spalten und zwar um so leichter, je grösser die Anzahl der Sauerstoffatome ist, welche mit den benachbarten Kohlenstoffatomen verbunden sind. Im Propionsäureäthyläther steht der Sauerstoff zwischen einem Kohlenstoffatom, welches ausserdem nur noch mit Kohlenstoff und Wasserstoffatomen zusammenhängt, und einem Kohlenstoffatom, welches noch ein Atom Sauerstoff mit zwei Affinitäten bindet und mit einer Affinität an einem Kohlenstoffatom hängt; im Propionsäure-Essigsäure-Anhydrid dagegen verbindet der Sauerstoff zwei noch ausserdem an Sauerstoff gebundene Kohlenstoffatome. Die Anhäufung von Sauerstoffatomen an dieser Stelle ist in letzterer Verbindung etwas grösser als in ersterer und damit steht die leichtere Zersetzbarkeit des Anhydrids in Zusammenhang. Während sich Propionsäure-Essigsäure-Anhydrid wie alle Anhydride dieser Reihe bei der blossen Berührung mit Wasser ziemlich rasch zersetzt, kann Propionsäure-Aethyläther, wie alle Aether dieser Reihe, mit Wasser einige Zeit in Berührung sein, ohne Zersetzung zu erleiden.

b) Die zweibasischen Carbonsäuren enthalten zweimal die Carboxylgruppe und zwar verbunden mit einem zweiwerthigen Alkoholradical. Die Bernsteinsäure enthält zwei Carboxyl mit Aethylen verbunden, wie sich aus der Synthese dieser Säure aus Aethylen mit Hülfe des Cyanäthylens ergiebt. Ihre Formel wird daher folgende sein:

$$\begin{array}{l} CH_2CO_2H \\ | \\ CH_2CO_2H \end{array}$$

Die zweibasischen Säuren haben selbstverständlich zweiwerthige Radicale. Das Radical der Bernsteinsäure Succinyl hat die Formel:

$$\begin{array}{l} CH_2CO \\ | \\ CH_2CO \end{array}$$

Da zweibasische Säuren zwei Carboxylwasserstoffe, also zwei

durch Metalle leicht vertretbare Wasserstoffatome enthalten, bilden dieselben zwei Reihen von Salzen, nämlich saure und neutrale.

Die Kalisalze der Bernsteinsäure haben die Formeln:

$$\begin{array}{cc} CH_2OK & CH_2OK \\ | & | \\ CH_2OH & CH_2OK \\ \text{Saures Salz} & \text{Neutrales Salz.} \end{array}$$

Dem analog bilden die zweibasischen Säuren auch zwei Reihen von Aethern, nämlich saure Aether oder Aethersäuren und neutrale Aether.

Die Aethyläther einer zweibasischen Säure, der Oxalsäure, sind:

$$\begin{array}{cc} COOC_2H_5 & COOC_2H_5 \\ | & | \\ COOH & COOC_2H_5 \\ \text{Aetheroxalsäure} & \text{Oxalsäureäther.} \end{array}$$

Zweibasische Säuren bilden ebenfalls Anhydride und wir können uns deren Formeln in derselben Weise ableiten, wie bei den Anhydriden der einbasischen Säuren und zwar indem wir das Radical der Säure an Stelle von Wasserstoff in einem andern Molecül derselben Säure setzen.

Denken wir uns die beiden Carboxylwasserstoffe der Bernsteinsäure durch das Radical der Bernsteinsäure, Succinyl, ersetzt, so haben wir eine Verbindung von der Formel:

$$\begin{array}{l} CH_2-CO-O-CO-CH_2 \\ | \qquad\qquad\qquad\qquad\quad | \\ CH_2-CO-O-CO-CH_2, \end{array}$$

welche sich jedoch in zwei Molecüle spaltet und liefert:

$$\begin{array}{l} CH_2-CO \diagdown \qquad \diagup CO-CH_2 \\ | \qquad\qquad O \quad O \qquad\quad | \\ CH_2-CO \diagup \qquad \diagdown CO-CH_2 \end{array}$$

nämlich zwei Molecüle Bernsteinsäureanhydrid.

Wie die zweibasischen organischen Säuren mit den zweibasischen anorganischen Säuren bezüglich der Salzbildung und Aetherbildung übereinstimmen, so besteht auch eine Uebereinstimmung in der Anhydridbildung.

Die zweibasische Schwefelsäure, SO_4H_2, bildet mehrere Anhydride und zwar ein vollständiges und ein intermediäres Anhydrid, welche sich in folgender Weise von der Säure ableiten:

Schwefelsäure ist SO_4H_2 oder $SO_2\left\langle\begin{array}{l} OH \\ OH \end{array}\right.$, folglich ist es das

zweiwerthige Radical, SO_2, Sulfuryl, welches an Stelle von zwei Atomen Wasserstoff im Molecül Schwefelsäure treten kann, woraus entsteht:

$$SO_2 < {}^{O}_{O} > SO_2,$$

was sich in zwei Molecüle spaltet, nämlich in:

$$SO_2 = O \text{ und } O = SO_2.$$

Das Molecül SO_3 unterscheidet sich vom Molecül der Schwefelsäure nur durch den Mindergehalt von H_2O und wir können uns daher die Anhydride aus den Säuren ableiten, indem wir ein Molecül Wasser, resp. Wasserstoff und Hydroxyl, aus der Verbindung herausgenommen denken, welches eine Molecül sowohl aus einem Molecül Säure als auch aus zwei Molecülen genommen werden kann, in welch letzterem Fall ein intermediäres Anhydrid entsteht.

Wenn zwei Molecüle Schwefelsäure ein Molecül Wasser verlieren, so entsteht ein intermediäres Anhydrid in folgender Weise:

$$SO_2 < {}^{OH}_{OH} \quad {}^{OH}_{OH} > SO_2$$

wird zu

$$SO_2 \diagup {}^{OH} \quad {}^{OH} \diagdown SO_2 \text{ — } O \text{ — }$$

Diese Verbindung ist bekannt, es ist die rauchende oder auch Pyro-schwefelsäure genannte Säure. Dieselbe ist, wie aus ihrer Formel ersichtlich, zweibasisch. Mehrere zweibasische organische Säuren liefern solche intermediäre Anhydride.

Wir wollen nun noch auf eine interessante Isomerie aufmerksam machen, welche zwischen Säuren und Aether besteht. Die procentische Zusammensetzung der Buttersäure führt zur Formel $C_4H_8O_2$. Der Essigsäureäthyläther hat dieselbe empirische Formel, der Propionsäuremethyläther und der Ameisensäurepropyläther ebenfalls. Wir haben hier vier Körper von gleicher procentischer Zusammensetzung, aber von verschiedenen Eigenschaften. Das Verhalten dieser Körper gegen Natronlauge zeigt uns denn auch, dass sich die Verschiedenheit dieser auf gleiche Weise zusammengesetzten Körper aus einer verschiedenen Vertheilung des Kohlenstoffs und der damit verbundenen Atome, gegenüber dem einen nicht im Radical stehenden Sauerstoff, ergiebt.

Folgende Zusammenstellung wird das Gesagte erläutern:

Buttersäure giebt mit Natronlauge buttersaures Natron und Wasser, folglich ist ihre Constitutionsformel $C_4H_7O—O—H$;

Propionsäuremethyläther zersetzt sich mit Natronlauge in pro-

pionsaures Natron und Methylalkohol, folglich ist seine Constitutionsformel $C_3H_5O - O - CH_3$;

Essigsäureäthyläther liefert bei der Zersetzung mit Natronlauge essigsaures Natron und Aethylalkohol, folglich ist seine Constitutionsformel $C_2H_3O - O - C_2H_5$;

Ameisensäurepropyläther giebt mit Natronlauge ameisensaures Natron und Propylalkohol, woraus sich die Constitutionsformel $CHO - O - C_3H_7$ ergiebt.

Der Formel $C_4H_8O_2$ entsprechen also folgende Körper:

$C_4H_7O - O - H$,	Buttersäure
$C_3H_5O - O - CH_3$	Propionsäuremethyläther,
$C_2H_3O - O - C_2H_5$,	Essigsäureäthyläther,
$C\ H\ O - O - C_3H_7$,	Ameisensäurepropyläther.

Diese besondere Art von Isomerie hat man mit dem Namen der **Metamerie** bezeichnet und nennt demnach Körper dann **metamer**, wenn dieselben bei gleicher procentischer Zusammensetzung verschiedene Eigenschaften haben, welche Verschiedenheit sich in der oben erörterten Weise erklären lässt.

c) Die **dreibasischen Carbonsäuren** enthalten dreimal die Gruppe CO_2H. Die Radicale der dreibasischen Carbonsäuren sind dreiwerthig. Die dreibasischen Salze bilden drei Reihen von Salzen und Aethern. Die Bildung ihrer Anhydride kann ebenso aufgefasst werden, wie bei den zweibasischen Säuren, nur ist die Mannigfaltigkeit der Anhydride grösser bei den dreibasischen als bei den zweibasischen Säuren. Wir wollen an einer anorganischen Säure die Constitution der verschiedenen Anhydride auseinandersetzen.

Verliert ein Molecül Phosphorsäure ein Molecül Wasser, so bleibt eine einbasische Säure, welche als ein intermediäres Anhydrid der Phosphorsäure aufzufassen ist. Tritt ein Molecül Wasser aus zwei Molecülen Phosphorsäure aus, so entsteht eine vierbasische Säure, die zugleich ein intermediäres Anhydrid der Phosphorsäure ist. Treten schliesslich drei Molecüle Wasser aus zwei Molecülen der Säure aus, so haben wir das eigentliche Anhydrid.

Die folgende Zusammenstellung wird diese Beziehungen deutlich hervortreten lassen.

1) $PO_2 \begin{cases} OH \\ OH \\ OH \end{cases} \begin{matrix} OH \\ OH \\ OH \end{matrix} \Big\} PO$ Gewöhnliche Phosphorsäure, dreibasisch (zwei Molecüle);

bei Austritt von einem Molecül Wasser entsteht:

2) $PO \begin{cases} -O- \\ OH \\ OH \end{cases} \begin{matrix} \\ OH \\ OH \end{matrix} \Big\} PO$ Pyrophosphorsäure, vierbasisch, intermediäres Anhydrid;

bei Austritt von zwei Molecülen Wasser aus 1) entsteht:

3) $PO \begin{matrix} \diagup O \\ \diagdown OH \end{matrix} \; \begin{matrix} O \diagdown \\ OH \diagup \end{matrix} PO$ Metaphosphorsäure, einbasisch, intermediäres Anhydrid (2 Mol.);

bei Austritt von drei Molecülen Wasser aus 1) oder von einem Molecül Wasser aus 3) entsteht:

4) $PO \begin{matrix} \diagup O \diagdown \\ \text{—} O \text{—} \\ \diagdown O \diagup \end{matrix} PO$ Phosphorsäureanhydrid.

oder

$$PO \begin{matrix} \diagup O \quad O \diagdown \\ \diagdown \text{—} O \text{—} \diagup \end{matrix} PO.$$

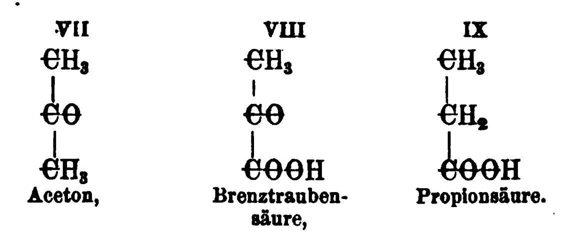
d) Die mehrbasischen Carbonsäuren nnd die Sulfosäuren bieten nichts wesentlich Neues mehr, was hier besprochen werden könnte.

Die Alkoholsäuren, Aldehydsäuren und Ketonsäuren enthalten, wie sich das aus ihren Namen schon ergiebt, sowohl die Gruppe CO_2H, ein-, zwei- oder mehreremal, je nach ihrer Basicität, als auch die den Alkoholen, Aldehyden oder Ketonen charakteristischen Gruppen.

Wir wollen hier nur die Constitutionsformeln einiger derartiger Säuren anführen und die Besprechung derjenigen chemischen Eigenschaften, welche zu diesen Constitutionsformeln führen, soweit nöthig im speciellen Theil vornehmen. Indem wir die Formeln von Alkoholen, Aldehyden und Ketonen neben die Formeln der entsprechenden Säuren stellen, wird der Zusammenhang deutlicher werden.

I	II	III
CH_2OH	CH_2OH	CH_3
$\vert$	$\vert$	$\vert$
CH_2	CH_2	CH_2
$\vert$	$\vert$	$\vert$
CH_3	$COOH$	$COOH$
Propylalkohol,	Milchsäure,	Propionsäure,

IV	V	VI
COH	COH	CH_3
$\vert$	$\vert$	$\vert$
CH_3	$COOH$	$COOH$
Acetaldehyd,	Glyoxylsäure,	Essigsäure,



Die Milchsäure ist eine Alkoholsäure; sie unterscheidet sich in ihrer Zusammensetzung vom Propylalkohol dadurch, dass sie die Gruppe $COOH$ enthält an Stelle von CH_3; von der Propionsäure unterscheidet sie sich dadurch, dass sie Hydroxyl enthält an einer Stelle, wo in der Propionsäure Wasserstoff steht. Der Zusammenhang der Milchsäure mit dem Alkohol wird aus den Formeln I und II ersichtlich, während III und II die Beziehung der Milchsäure zu einer Säure zeigen.

Die Glyoxylsäure ist eine Aldehydsäure, ihre Beziehung zum Acetaldehyd wird durch die Formeln IV und V ersichtlich; sie unterscheidet sich von diesem Aldehyd ebenso, wie die Milchsäure vom Propylalkohol; zur Essigsäure steht sie ebenfalls in einfacher Beziehung, sie enthält an Stelle von zwei Atomen Wasserstoff der Essigsäure ein Atom Sauerstoff.

Die Brenztraubensäure ist eine Ketonsäure; sie steht zum Aceton in derselben Beziehung, wie die Glyoxylsäure zum Acetaldehyd und die Milchsäure zum Propylalkohol; von der Propionsäure unterscheidet sie sich ebenso, wie die Glyoxylsäure von Essigsäure; ausserdem sehen wir, dass sich Propionsäure von Essigsäure ebenso wie Brenztraubensäure von der Glyoxylsäure und Aceton vom Aldehyd unterscheidet. Es ist jedoch die durch die Veränderung der Zusammensetzung bedingte Veränderung der Eigenschaft bei diesen drei Körpergruppen nicht die gleiche; während z. B. die Essigsäure und Propionsäure denselben chemischen Charakter haben, unterscheiden sich Acetaldehyd und Aceton und dem entsprechend auch Glyoxylsäure und Brenztraubensäure durch ihr Verhalten gegen Oxydationsmittel wesentlich von einander.

7. Phenole.

Phenole sind Abkömmlinge der aromatischen Kohlenwasserstoffe. Sie enthalten ebenso viel Kohlenstoff und Wasserstoff als der aromatische Kohlenwasserstoff, von welchem sie sich ableiten, und ausserdem noch ein, zwei, drei oder mehr Atome Sauerstoff. Man hat sich nach allen chemischen Eigenschaften die Phenole als Hydroxylderivate der aromatischen Kohlenwasserstoffe vorzustellen, in welchen das Hydroxyl mit Kohlenstoff des Ben-

zols verbunden ist. Man nennt daher die Phenole auch öfter Oxykohlenwasserstoffe. Dem Typus der ganzen Klasse von Verbindungen kommt die Constitutionsformel $Ɵ_6H_5ƟH$ zu, welche aufgelöst folgendermaassen aussieht:

```
|.............................|
Ɵ=Ɵ—Ɵ=Ɵ—Ɵ=Ɵ
|  |  |  |  |  |
H  H  H  H  H  Ɵ—H.
```

Das Phenol ist also eigentlich ein Benzol, in welchem Wasserstoff durch Hydroxyl ersetzt ist, und kann deshalb Oxybenzol genannt werden.

Das nächste Glied der homologen Reihe der aromatischen Kohlenwasserstoffe ist das Toluol, welches sich vom Benzol durch Vertretung von H durch $ƟH_3$ ableitet. Das Oxytoluol ist dem Phenol homolog und hat die Formel:

```
|...................................|
Ɵ=Ɵ—Ɵ=Ɵ—Ɵ = Ɵ
|  |  |  |  |     |
H  H  H  H  Ɵ—H  ƟH₃.
```

Bioxybenzol und Trioxybenzol sind ebenfalls Phenole und enthalten zweimal oder dreimal Hydroxyl an Stelle von Wasserstoff im Benzol, während ihre Homologen noch ausserdem Methyl oder Aethyl etc. an Stelle eines dritten oder vierten Atoms Wasserstoff enthalten.

So hat z. B. das Orcin, welches aus den Flechten dargestellt werden kann, folgende Constitutionsformel:

$$Ɵ_6H_3 \begin{cases} ƟH_3 \\ ƟH \\ ƟH \end{cases}$$

Der chemische Charakter dieser Körper ist sehr wesentlich verschieden von demjenigen der Alkohole, mit welchen sie in ihrer Zusammensetzung viel Aehnlichkeit zeigen, denn sie liefern bei der Oxydation keine Aldehyde und keine Säuren von gleichem Kohlenstoffgehalt. Von den secundären und tertiären Alkoholen unterscheiden sie sich durch ihre Bildungsweise und durch ihr Verhalten gegen Oxydationsmittel. Die Phenole sind viel beständiger als die Alkohole und ist namentlich das Hydroxyl derselben sehr viel fester mit dem Kohlenstoff verbunden, als dies bei den Alkoholen, sowohl den primären, als auch den secundären und tertiären, der Fall ist.

Während die Alkohole durch Zersetzung der Haloidäther ihrer

Radicale leicht dargestellt werden können. können Phenole aus den Substitutionsproducten des Benzols, welche zu ihnen in derselben Beziehung stehen, wie die Haloidäther zu den Alkoholen, nicht direct dargestellt werden.

C_2H_5Cl kann leicht in C_2H_5OH umgewandelt werden,

C_6H_5Cl, Monochlorbenzol, tauscht dagegen sein Chlor nicht gegen Hydroxyl aus.

Einige wichtige Eigenschaften haben die Phenole jedoch mit den Alkoholen gemein, nämlich die leichte Vertretbarkeit ihres Hydroxylwasserstoffs gegen Säureradicale, wodurch bei den Phenolen wie bei den Alkoholen Aether entstehen. So bildet das Phenol, mit Chloracetyl behandelt, neben Salzsäure Essigsäurephenoläther, welcher die Formel

$$C_6H_5—O—COCH_3$$

hat, analog dem Essigsäureäthyläther, dem die Formel

$$C_2H_5—O—COCH_3$$

zukommt.

8. Säureamide.

Die Säureamide sind schon pag. 368 erwähnt worden; dieselben liefern bei Einwirkung von Kalilauge mehr oder weniger leicht Ammoniak und das Kalisalz derjenigen Säure, deren Radical in dem Amid enthalten war.

Die Bildung der Säureamide beim Erhitzen der Ammoniaksalze organischer Säuren, sowie die oben erwähnte Zersetzung derselben führt uns zu folgender Constitutionsformel: $\overset{1}{R}NH_2$; wo $\overset{1}{R}$ das einwerthige Radical einer einbasischen Säure bedeutet. Das Acetamid hat demnach die Constitutionsformel $CH_3—CO—N{=}H_2$.

Die Säureamide leiten sich also von den Säuren durch Vertretung des Hydroxyls durch Amid, NH_2, ab.

Mehrbasische Säuren werden also dieses NH_2 mehreremale aufnehmen können, wobei eben so viele Hydroxyle austreten, als NH_2 eintreten.

Die mehrfach erwähnte zweibasische Bernsteinsäure wird folgendes Amid liefern können:

$$\text{Succinamid,}\quad \begin{array}{l} CH_2—CO—NH_2 \\ | \\ CH_2—CO—NH_2. \end{array}$$

Wie jedoch die zweibasischen Säuren sowohl neutrale als auch saure Salze und Aether zu bilden im Stande sind, so können dieselben auch neutrale und saure Amide liefern.

Die zweibasische Oxalsäure bildet die beiden folgenden Amide:

Oxamid $\begin{array}{l} CO-NH_2 \\ | \\ CO-NH_2 \end{array}$ (neutrales Amid)

Oxaminsäure $\begin{array}{l} CO-OH \\ | \\ CO-NH_2 \end{array}$ (saures Amid).

Da die Bildung der Amide durch Vertretung von Hydroxyl der Säure durch NH_2 vor sich geht, so werden die sogen. Alkoholsäuren nicht allein das in ihnen enthaltene Hydroxyl des Carboxyls, sondern auch dasjenige des Alkoholhydroxyls durch NH_2 vertreten lassen können. Wir erhalten so bei der Milchsäure, deren Formel wir der Einfachheit halber $C_2H_4\begin{smallmatrix} OH \\ COOH \end{smallmatrix}$ schreiben wollen, folgende Amide:

$C_2H_4\begin{smallmatrix} OH \\ CONH_2 \end{smallmatrix}$ Lactamid

$C_2H_4\begin{smallmatrix} NH_2 \\ CONH_2 \end{smallmatrix}$ neutrales Amid

$C_2H_4\begin{smallmatrix} NH_2 \\ COOH \end{smallmatrix}$ Alamin oder Amidopropionsäure

Die Aepfelsäure liefert folgende Amide, da ihre Formel

$$C_2H_3\begin{cases} OH \\ COOH \\ COOH \end{cases} \text{ ist:}$$

$C_2H_3\begin{cases} OH \\ COOH \\ CONH_2 \end{cases}$ Malaminsäure

$C_2H_3\begin{cases} OH \\ CONH_2 \\ CONH_2 \end{cases}$ Malamid

$C_2H_3\begin{cases} NH_2 \\ CONH_2 \\ CONH_2 \end{cases}$ Neutrales Amid

$C_2H_3\begin{cases} NH_2 \\ COOH \\ COOH \end{cases}$ Asparaginsäure

$C_2H_3\begin{cases} NH_2 \\ CONH_2 \\ COOH. \end{cases}$ Asparagin.

Wenn wir die Formeln der Säureamide mit den Formeln der zugehörigen Säuren vergleichen, so bemerken wir, dass sich die ersteren aus den letzteren ableiten durch Vertretung von Hydroxyl durch NH_2, z. B.

Essigsäure CH_3CO-OH
Acetamid CH_3CO-NH_2.

9. Amidosäuren.

Wie man das Acetamid als Amid bezeichnet, so nennt man alle diejenigen Verbindungen *Amidoderivate*, welche die Gruppe NH_2 enthalten. In diesem Sinne ist der Name *Amidosäure* zu verstehen, welcher für solche Verbindungen gebraucht wird, die als Säuren einmal die Gruppe NH_2 an irgend einer Stelle enthalten. Die sauren Amide, wie Oxaminsäure und andere, wären demnach auch Amidosäuren; man nennt dieselben jedoch nicht so, sondern bezeichnet sie mit dem vorher angegebenen Namen, indem man den Namen Amidosäuren für solche Verbindungen reservirt, welche die Gruppe NH_2 nicht an Stelle von Hydroxyl, sondern an Stelle von Wasserstoff enthalten.

Die *Amidoessigsäure* steht z. B. zur Essigsäure in einer Beziehung, die aus den beiden folgenden Formeln ersichtlich:

$C_2H_4O_2$	$C_2H_3(NH_2)O_2$
Essigsäure	Amidoessigsäure (Glycocoll).

Das *Glycocoll* enthält noch Carboxyl und ist daher noch eine Säure; seine Constitutionsformel muss im Vergleich zur Essigsäure folgende sein:

CH_3COOH	$CH_2(NH_2)COOH$
Essigsäure	Glycocoll.

Die *Amidobenzoësäure* verhält sich zur Benzoësäure genau ebenso, beide Verbindungen haben die Formeln:

$C_7H_6O_2$	$C_7H_5(NH_2)O_2$
Benzoësäure	Amidobenzoësäure.

Da die Amidobenzoësäure überdies eine Säure ist, so haben wir die Gruppe $COOH$ darin anzunehmen, weshalb ihre Formel im Vergleich zu derjenigen der Benzoësäure folgende sein wird:

C_6H_5COOH	$C_6H_4(NH_2)COOH$
Benzoësäure	Amidobenzoësäure.

Die Darstellungsweise dieser Verbindungen ist sehr verschieden, dagegen haben sie eine wichtige Eigenschaft gemeinsam, die gleichzeitig auch den Amiden und Amidosäuren zukommt. Durch salpetrige Säure werden alle diese Verbindungen in der Weise zersetzt, dass an Stelle der Gruppe NH_2 die Gruppe OH, also Hydroxyl, tritt.

Wir haben einige derartige Zersetzungen schon früher kennen gelernt, wollen jedoch hier noch einmal der Uebersichtlichkeit halber eine Zusammenstellung der verschiedenen Zersetzungen geben.

$$\underset{\text{Acetamid}}{ЄH_3ЄΘNH_2} + NΘ_2H = \underset{\text{Essigsäure}}{ЄH_3ЄΘΘH} + N_2 + H_2Θ$$

$$\underset{\text{Oxamid}}{\begin{matrix}ЄΘNH_2\\ |\\ ЄΘNH_2\end{matrix}} + 2NΘ_2H = \underset{\text{Oxalsäure}}{\begin{matrix}ЄΘΘH\\ |\\ ЄΘΘH\end{matrix}} + N_4 + 2H_2Θ$$

$$\underset{\text{Oxaminsäure}}{\begin{matrix}ЄΘΘH\\ |\\ ЄΘNH_2\end{matrix}} + NΘ_2H = \underset{\text{Oxalsäure}}{\begin{matrix}ЄΘΘH\\ |\\ ЄΘΘH\end{matrix}} + N_2 + H_2Θ$$

$$\underset{\text{Glycocoll}}{ЄH_2(NH_2)ЄΘΘH} + NΘ_2H = \underset{\text{Glycolsäure}}{ЄH_2(ΘH)ЄΘΘH} + N_2 + H_2Θ$$

$$\underset{\text{Amidobenzoësäure}}{Є_6H_4(NH_2)ЄΘΘH} + NΘ_2H = \underset{\text{Oxybenzoësäure.}}{Є_6H_4(ΘH)ЄΘΘH}$$

10. Amine.

Bei der Einwirkung von Ammoniak auf die Chlor-, Brom- oder Jodverbindungen der Alkoholradicale entstehen die Amine, deren Formeln sich am einfachsten vom Ammoniak ableiten, worin man sich den Wasserstoff durch Alkoholradicale ersetzt denkt.

Das Methylamin entsteht bei der Einwirkung von Ammoniak auf Methyljodid nach folgender Gleichung:

$$ЄH_3J + NH_3 = ЄH_3NH_2 + HJ.$$

Die gebildete Jodwasserstoffsäure bleibt hierbei mit dem Methylamin verbunden, kann jedoch durch stärkere Basen aus der Verbindung ausgetrieben werden. Die angeführte Formel des Methylamins zeigt uns, dass noch zwei Atome Wasserstoff darin enthalten sind, welche in gleicher Weise durch Methyl vertreten werden können, was denn auch geschieht, wenn man eine grössere Menge von Methyljodid darauf einwirken lässt. Die folgenden Gleichungen lassen sich realisiren:

$$\underset{\text{Methylamin}}{ЄH_3NH_2} + ЄH_3J = \underset{\text{Dimethylamin}}{(ЄH_3)_2NH} + HJ$$

$$\underset{\text{Dimethylamin}}{(ЄH_3)_2NH} + ЄH_3J = \underset{\text{Trimethylamin}}{(ЄH_3)_3N} + HJ$$

$$NH_3 + 3ЄH_3J = (ЄH_3)_3N + 3HJ.$$

Es entstehen also durch die fortgesetzte Einwirkung von Methyljodid oder analoger Körper auf Ammoniak ammoniakartige Körper, welche sich in höchst einfacher Weise vom Ammoniak ableiten, wie sich aus den folgenden Formeln leicht ergiebt:

$$\begin{matrix}H\diagdown\\H-N\\H\diagup\end{matrix}\qquad\begin{matrix}CH_3\diagdown\\H-N\\H\diagup\end{matrix}\qquad\begin{matrix}CH_3\diagdown\\CH_3-N\\H\diagup\end{matrix}\qquad\begin{matrix}CH_3\diagdown\\CH_3-N\\CH_3\diagup\end{matrix}$$

oder

$$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N\qquad\left.\begin{matrix}CH_3\\H\\H\end{matrix}\right\}N\qquad\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_3\\H\end{matrix}\right\}N\qquad\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_3\\CH_3\end{matrix}\right\}N.$$

Verwendet man dagegen statt der Chlor-, Brom- oder Jodverbindung eines einwerthigen Alkoholradicals diejenige eines zweiwerthigen, so entstehen folgende Verbindungen:

$$\underset{\text{Aethylenbromid}}{C_2H_4Br_2} + 2NH_3 = \underset{\text{Aethylendiamin}}{C_2H_4(NH_2)_2} + 2HBr$$

$$2C_2H_4Br_2 + 4NH_3 = \underset{\text{Diäthylendiamin}}{(C_2H_4)_2(NH)_2} + 4HBr$$

$$3C_2H_4Br_2 + 6NH_3 = \underset{\text{Triäthylendiamin.}}{(C_2H_4)_3N_2} + 6HBr$$

Die genannten Aethylenverbindungen leiten sich ebenfalls vom Ammoniak ab, aber von zwei Molecülen, und ihre Formeln sind folgende:

$$N\begin{matrix}\diagup HH\diagdown\\-HH-\\\diagdown HH\diagup\end{matrix}N\qquad N\begin{matrix}\diagup C_2H_4\diagdown\\-H\;\;H-\\\diagdown H\;\;H\diagup\end{matrix}N\qquad N\begin{matrix}\diagup C_2H_4\diagdown\\-C_2H_4-\\\diagdown H\;H\diagup\end{matrix}N\qquad N\begin{matrix}\diagup C_2H_4\diagdown\\-C_2H_4-\\\diagdown C_2H_4\diagup\end{matrix}N$$

oder

$$\left.\begin{matrix}H_2\\H_2\\H_2\end{matrix}\right\}N_2\qquad\left.\begin{matrix}C_2H_4\\H_2\\H_2\end{matrix}\right\}N_2\qquad\left.\begin{matrix}C_2H_4\\C_2H_4\\H_2\end{matrix}\right\}N_2\qquad\left.\begin{matrix}C_2H_4\\C_2H_4\\C_2H_4\end{matrix}\right\}N_2.$$

Man hat für diese Verbindungen eine besondere Nomenclatur eingeführt. In der folgenden Formel bedeute $\overset{\text{I}}{R}$ ein einwerthiges, $\overset{\text{II}}{R}$ ein zweiwerthiges und $\overset{\text{III}}{R}$ ein dreiwerthiges Alkoholradical.

$$\text{Monamine}\;\underset{\substack{\text{primäres}\\\text{Monamin,}}}{\left.\begin{matrix}\overset{\text{I}}{R}\\H\\H\end{matrix}\right\}N}\qquad\underset{\substack{\text{secundäres}\\\text{Monamin,}}}{\left.\begin{matrix}\overset{\text{I}}{R}\\\overset{\text{I}}{R}\\H\end{matrix}\right\}N}\qquad\underset{\substack{\text{tertiäres}\\\text{Monamin.}}}{\left.\begin{matrix}\overset{\text{I}}{R}\\\overset{\text{I}}{R}\\\overset{\text{I}}{R}\end{matrix}\right\}N}\qquad\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N$$

Die **Monamine** leiten sich von einem Molecül Ammoniak ab.

Diamine $\left.\begin{array}{l}\overset{II}{R}\\ H_2\\ H_2\end{array}\right\}N_2$ $\left.\begin{array}{l}\overset{II}{R}\\ \overset{II}{R}\\ H_2\end{array}\right\}N_2$ $\left.\begin{array}{l}\overset{II}{R}\\ \overset{II}{R}\\ \overset{II}{R}\end{array}\right\}N_2$ $\left.\begin{array}{l}H_2\\ H_2\\ H_2\end{array}\right\}N$

primäres Diamin, secundäres Diamin, tertiäres Diamin.

Die **Diamine** leiten sich von zwei Molecülen Ammoniak ab.

Triamine $\left.\begin{array}{l}\overset{III}{R}\\ H_3\\ H_3\end{array}\right\}N_3$ $\left.\begin{array}{l}\overset{III}{R}\\ \overset{III}{R}\\ H_3\end{array}\right\}N_3$ $\left.\begin{array}{l}\overset{III}{R}\\ \overset{III}{R}\\ \overset{III}{R}\end{array}\right\}N_3$ $\left.\begin{array}{l}H_3\\ H_3\\ H_3\end{array}\right\}N$

primäres Triamin, secundäres Triamin, tertiäres Triamin.

Die **Triamine** leiten sich von drei Molecülen Ammoniak ab.

Die Mannigfaltigkeit dieser Verbindungen ist sehr gross. Ihre Zahl erscheint aber noch bedeutender 'als sich aus dieser Zusammenstellung unmittelbar ergiebt, wenn man bedenkt, dass R die verschiedenartigsten Alkoholradicale bedeuten kann, und in ein Molecül Ammoniak gleichzeitig mehrere verschiedene Alkoholradicale eintreten können, dass ferner in den Diaminen und Triaminen die mehrwerthigen Alkoholradicale, mit Ausnahme eines, durch eine gleichwerthige Menge einwerthiger oder mehrwerthiger Alkoholradicale ersetzt sein können.

Die beiden folgenden Verbindungen mögen als Beispiele das Gesagte erläutern.

Von $\left.\begin{array}{l}\overset{I}{R}\\ \overset{I}{R}\\ \overset{I}{R}\end{array}\right\}N$ leitet sich ab Methyläthylpropylamin: $\left.\begin{array}{l}CH_3\\ C_2H_5\\ C_3H_7\end{array}\right\}N$;

Von $\left.\begin{array}{l}\overset{II}{R}\\ \overset{II}{R}\\ \overset{II}{R}\end{array}\right\}N_2$ leitet sich ab Diäthylendimethylamin: $\left.\begin{array}{l}C_2H_4\\ C_2H_4\\ (CH_3)_2\end{array}\right\}N_2$.

Die Amine sind Basen und verbinden sich direct mit Säuren, und zwar ist die Menge der Säure, welche sich mit dem Amin verbinden kann, abhängig von der Anzahl der Stickstoffatome, welche in der Verbindung enthalten sind. Die salzsauren Salze erhalten folgende Formeln:

$$(\overset{I}{R}_3N + HCl),\ (\overset{II}{R}_3N_2 + 2HCl),\ (\overset{III}{R}_3N_3 + 3HCl).$$

Auch mit den Chlor-, Brom- oder Jodverbindungen der Alkoholradicale können sie sich direct vereinigen, wodurch Salze der sogenannten Ammoniumbasen erzeugt werden. Trimethylamin bildet mit Methyljodid Tetramethylammoniumjodid nach der Formel:

$$(CH_3)_3N + CH_3J = (CH_3)_4NJ$$

Aus dieser Jodverbindung lässt sich die freie Base abscheiden; letztere hat die Formel:

$$(CH_3)_4NOH.$$

Die Ammoniumbasen leiten sich vom Ammoniumoxydhydrat ab; z. B.:

$$\left.\begin{array}{l}H\\H\\H\\H\end{array}\right\}NOH \qquad \left.\begin{array}{l}CH_3\\CH_3\\CH_3\\CH_3\end{array}\right\}NOH$$

Ammoniumoxydhydrat — **Tetramethylammoniumoxydhydrat.**

Ueberhaupt besteht zwischen den Ammoniaksalzen und den Salzen der Ammoniumbasen grosse Analogie.

Die Ammoniumbasen sind von grosser Wichtigkeit wegen ihres Vorkommens in der Natur.

Die Aminbasen können nach dieser Entwicklung als Derivate der Alkohole aufgefasst werden, von welchen sie sich durch Vertretung des Hydroxyls durch NH_2 ableiten, wie die Säureamide von den Säuren (siehe pag. 412 und 413) z. B.

C_2H_5OH **Aethylalkohol** — $C_2H_5NH_2$ **Aethylamin.**

$C_2H_4 < {OH \atop OH}$ **Aethylenalkohol** — $C_2H_4 < {NH_2 \atop NH_2}$ **Aethylendiamin.**

Der in NH_2 enthaltene Wasserstoff kann übrigens noch weiter durch Alkoholradicale vertreten werden, wodurch die secundären und tertiären Amine entstehen, z. B.

$C_2H_5NH_2$ **Aethylamin** — $C_2H_5NHC_2H_5$ **Diäthylamin.** u. s. w.

Aber auch in den Säureamiden kann der Wasserstoff des NH_2 durch Alkoholradicale ersetzt werden, z. B.

CH_3CONH_2 (**Acetamid**) oder $C_2H_3ONH_2$ oder $\left.\begin{array}{l}C_2H_3O\\H_2\end{array}\right\}N$

$CH_3CONHC_2H_5$ (**Aethylacetamid**) oder $C_2H_3ONHC_2H_5$ oder $\left.\begin{array}{l}C_2H_3O\\H\\C_2H_5\end{array}\right\}N$

$\mathrm{CH_2}\begin{matrix}\mathrm{NH_2}\\ \mathrm{C\Theta\Theta H}\end{matrix}$ oder $\begin{matrix}\mathrm{NH_2}\\ \mathrm{C_2H_2\Theta\ \Theta H}\end{matrix}$ oder $\left.\begin{matrix}\mathrm{H_2}\\ \mathrm{C_2H_2\Theta}\\ \mathrm{H}\end{matrix}\right\}\begin{matrix}\mathrm{N}\\ \\ \Theta\end{matrix}$

Glycocoll

$\mathrm{CH_2}\begin{matrix}\mathrm{NHCH_3}\\ \mathrm{C\Theta\Theta H}\end{matrix}$ oder $\begin{matrix}\mathrm{NHCH_3}\\ \mathrm{C_2H_2\Theta\ \Theta H}\end{matrix}$ oder $\left.\begin{matrix}\mathrm{\Theta H_3}\\ \mathrm{H}\\ \mathrm{C_2H_2\Theta}\\ \mathrm{H}\end{matrix}\right\}\begin{matrix}\mathrm{N}\\ \\ \Theta\end{matrix}$

Sarkosin

$\mathrm{C\Theta} < \begin{matrix}\mathrm{NH_2}\\ \mathrm{NH_2}\end{matrix}$ oder $\mathrm{C\Theta(NH_2)_2}$ oder $\left.\begin{matrix}\mathrm{C\Theta}\\ \mathrm{H_2}\\ \mathrm{H_2}\end{matrix}\right\}\mathrm{N_2}$

Harnstoff

$\mathrm{C\Theta} < \begin{matrix}\mathrm{NHCH_3}\\ \mathrm{NHCH_3}\end{matrix}$ oder $\mathrm{C\Theta(NHCH_3)_2}$ oder $\left.\begin{matrix}\mathrm{C\Theta}\\ \mathrm{HCH_3}\\ \mathrm{HCH_3}\end{matrix}\right\}\mathrm{N_2}.$

Dimethylharnstoff

Eine Constitutionsformel ist immer eine Molecularformel; kennen wir daher die Constitution einer Verbindung in Folge genauer Interpretation ihrer chemischen Eigenschaften, so erhalten wir leicht die Molecularformel derselben. Mit der Entwicklung der Ansichten über die Constitution ist somit auch jene Lücke ausgefüllt, welche bei den früheren Betrachtungen über die Molecularformeln bezüglich derjenigen Verbindungen blieb, deren Moleculargewicht nicht aus dem specifischen Gewicht derselben im vollkommenen Gaszustand abgeleitet werden kann, weil es unmöglich ist, deren specifisches Gewicht durch den Versuch festzustellen (siehe pag. 315).

Isomerie.

Bei den Betrachtungen über die Constitution der organischen Verbindungen haben wir mehrfach Gelegenheit gehabt zu beobachten, dass es Verbindungen giebt, welche bei gleicher procentischer Zusammensetzung verschiedene Eigenschaften haben. Solche Körper haben wir die isomeren Körper genannt. Wir sahen aber auch, dass sich diese Verschiedenheit der Eigenschaften in der Verschiedenheit der Constitution ausgesprochen findet und dass die Verschiedenheit der Constitution in mannigfacher Weise möglich ist. Bei den Kohlenstoffwasserstoffen beobachteten wir, dass es eine ganze Reihe giebt, deren einzelne Glieder sämmtlich gleiche procentische Zusammensetzung besitzen, sich jedoch durch ihr Moleculargewicht von einander unterscheiden. Dies ist der einfachste Fall von Isomerie. Wir haben bei der Erwähnung dieser Reihe diese Kohlenwasserstoffe polymer genannt und können demnach die Polymerie dahin definiren:

Polymerie ist die Beziehung der verschieden grossen Mo-

leculargewichte procentisch gleich zusammengesetzter Körper. Die Glieder der Reihe C_nH_{2n} sind unter einander polymer.

Folgende weitere Beispiele mögen hier noch angeführt werden:

$CNCl$	$C_3N_3Cl_3$	
Chlorcyan (gasförmig)	Chlorcyan (fest).	
CH_2N_2	$C_2H_4N_4$	$C_3H_6N_6$
Cyanamid	Dicyandiamid	Tricyantriamid Melamin.

Neben den polymeren Verbindungen haben wir in den verschiedenen Aethern eine Gruppe isomerer Körper kennen gelernt, welche wir als metamere bezeichneten. Wir sahen, dass metamere Verbindungen bei gleicher procentischer Zusammensetzung und gleichem Moleculargewicht dadurch verschieden waren, dass dieselben den gesammten Kohlenstoffgehalt auf verschiedene Radicale verschieden vertheilt enthielten, wobei wir unter Radicalen Reste organischer Verbindungen verstehen, welche jedoch sämmtliche Kohlenstoffatome in directer Verbindung mit einander enthalten.

Wir sehen also bei den metameren Körpern die ganze Kette von Kohlenstoffatomen, an welche sich die übrigen Bestandtheile der organischen Verbindung anlagern, an verschiedenen Stellen unterbrochen. In diesem Sinne sind die Aether unter einander metamer. Hier mögen folgende Beispiele von Metamerie Erwähnung finden:

$C_4H_{10}O$

Aethyläther, Propylmethyläther;

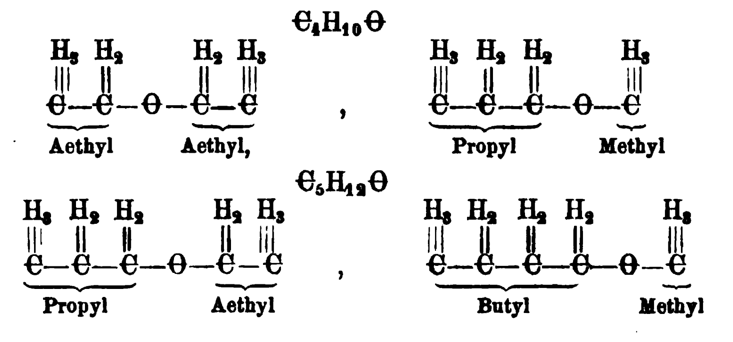
$C_5H_{12}O$

Propyläthyläther, Butylmethyläther,

$C_6H_{14}O$

Amylmethyläther, Butyläthyläther, Propyläther.

Die aufgelösten Formeln dieser Verbindungen sind folgende:



$$C_6H_{14}O$$

$$\underbrace{CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2}_{\text{Amyl}}-O-\underbrace{CH_3}_{\text{Methyl}}\;,\quad \underbrace{CH_3-CH_2-CH_2-CH_2}_{\text{Butyl}}-O-\underbrace{CH_2-CH_3}_{\text{Aethyl}}\;,$$

$$\underbrace{CH_3-CH_2-CH_2}_{\text{Propyl}}-O-\underbrace{CH_2-CH_2-CH_3}_{\text{Propyl.}}$$

Metamer sind ferner viele Aether, welche aus Säuren und Alkoholen unter Austritt von Wasser entstehen, sowie viele gemischte Säureanhydride (siehe pag. 404).

Eine sehr interessante Gruppe metamerer Verbindungen gehört zu den Klassen der Aminbasen oder Amine.

Gleiche procentische Zusammensetzung haben:

$$\text{Aethylamin}\ \left.\begin{array}{c}C_2H_5\\H\\H\end{array}\right\}N \text{ und Dimethylamin } \left.\begin{array}{c}CH_3\\CH_3\\H\end{array}\right\}N;$$

$$\text{sowie Propylamin}\ \left.\begin{array}{c}C_3H_7\\H\\H\end{array}\right\}N \text{ und Aethylmethylamin } \left.\begin{array}{c}C_2H_5\\CH_3\\H\end{array}\right\}N \text{ und}$$

$$\text{Trimethylamin}\ \left.\begin{array}{c}CH_3\\CH_3\\CH_3\end{array}\right\}N.$$

Höchst interessant ist ferner die Metamerie, welche unter einigen Amidosäuren besteht. Es giebt drei Körper von der Formel $C_3H_7NO_2$, von denen zwei unter einander metamer sind, nämlich:

Methylglycocoll $CH_2(NH[CH_3])\ COOH$ (Sarkosin) und

Alanin $C_2H_4(NH_2)\ COOH$ (Amidopropionsäure nach Analogie der Amidoessigsäure pag. 414.)

der dritte Körper ist

Lactamid $C_2H_4(OH)\ CONH_2$

Das Methylglycocoll ist Amidoessigsäure oder Glycocoll, in welchem ein mit Stickstoff direct verbundenes Wasserstoffatom durch CH_3 vertreten ist, wie aus der oben gegebenen Formel ersichtlich, während das Alanin Amidopropionsäure und das Lactamid ein Säureamid ist. Die Metamerie der beiden ersten Verbindungen wird wohl in folgenden Formeln besser zu übersehen sein, weshalb wir dieselben hierher setzen.

Methylglycocoll (Sarkosin)

$$\begin{array}{l} H_2 \\ \| \\ \text{Є}-\text{ЄΘΘH} \\ | \\ NH \\ | \\ \text{Є}H_3 \end{array} \quad \text{oder} \quad \begin{array}{l} \text{Є}H_3HN \\ \text{Є}H_2\text{ЄΘΘH} \end{array} \quad \text{oder} \quad \left.\begin{array}{r} \text{Є}H_3 \\ H \end{array}\right\} N \;\; \left.\begin{array}{r} \text{Є}H_2\text{ЄΘ} \\ H \end{array}\right\} \text{Θ}$$

Alanin

$$\begin{array}{l} H_2 \;\; H_2 \\ \| \quad\; \| \\ \text{Є}-\text{Є}-\text{ЄΘΘH} \\ | \\ NH_2 \end{array} \quad \text{oder} \quad \begin{array}{l} H_2N \\ \text{Є}H_2\text{Є}H_2\text{ЄΘΘH} \end{array} \quad \text{oder} \quad \left.\begin{array}{r} H_2 \\ \text{Є}_2H_4\text{ЄΘ} \\ H \end{array}\right\} \begin{array}{l} N \\ \\ \text{Θ} \end{array}$$

während Lactamid die Formel

$$\begin{array}{l} H_2 \;\; H_2 \\ \| \quad\; \| \\ \text{Є}-\text{Є}-\text{ЄΘ}NH_2 \\ | \\ \text{Θ}H \end{array} \quad \text{oder} \quad \begin{array}{l} \text{Θ}H \\ \text{Є}H_2\text{Є}H_2\text{ЄΘ}NH_2 \end{array} \quad \text{oder} \quad \left.\begin{array}{r} H \\ \text{Є}_2H_4\text{ЄΘ} \\ H_2 \end{array}\right\} \begin{array}{l} \text{Θ} \\ \\ N \end{array}$$

erhält.

Aus dieser Zusammenstellung geht weiter hervor, dass wir im Stande sind, die chemischen Formeln in höchst mannigfaltiger Weise angeordnet zu schreiben, und dass wir auch öfter diesen Vortheil benutzen, wenn es sich darum handelt, bald diese, bald jene Eigenschaft eines Körpers in der Formel besonders hervortreten zu lassen. Hier wo es uns nur um die Metamerie der drei genannten Körper zu thun war, sind uns die drei aufgeführten Formeln gleich nützlich.

Ausser den polymeren und metameren Verbindungsgruppen haben wir bereits Klassen von Körpern kennen gelernt, welche ebenfalls unter einander isomer sind, jedoch weder polymer noch metamer. Wir nennen solche Verbindungen i s o m e r i m e n g e r e n S i n n e. Unter diese Klasse gehören die verschiedenen isomeren Kohlenwasserstoffe der Reihe Є_nH_{2n+2} (pag. 401), ferner die Alkohole und viele Säuren, welche isomere Alkoholradicale enthalten (siehe pag. 402). Diejenigen Körper, welche isomer im engeren Sinne sind, enthalten die sämmtlichen Kohlenstoffatome in Form einer Kette mit einander verbunden, jedoch in verschiedener Anordnung, wie dies aus den pag. 401—402 mitgetheilten Formeln ersichtlich ist.

Einen gewissen Uebergang der metameren zu den (im engeren Sinne) isomeren Körpern bilden die Ketone sowie die Amide; wir wollen uns jedoch auf diesen Gegenstand nicht weiter einlassen, da er für unsere Zwecke zu unwichtig ist.

— · ·

Schlussbemerkungen.

Wir sind im Verlauf dieser Einleitung von höchst einfachen Voraussetzungen allmälig zu den complicirten Gegenständen der organischen Chemie übergegangen, nachdem wir uns durch rein a prioristische Betrachtungen überzeugt hatten, dass die Formeln, welche in der ersten Abtheilung gebraucht wurden, nur einseitige Bedeutung haben, und dass wir, um tiefer in die Natur der chemischen Processe eindringen zu können, eine erweiterte Kenntniss der Beschaffenheit der Materie haben müssen. Letztere erlangten wir durch Interpretation wichtiger physikalischer Eigenschaften der Gase, und erhielten unmittelbar hierauf die Bestätigung, dass die Vorstellung über die Constitution der Materie, die wir uns aus der Lehre von den Aequivalenten und multiplen Proportionen abgeleitet haben, im Princip zwar richtig war, dass sie uns jedoch keine genauere Rechenschaft über die relative Grösse der die Materie zusammensetzenden kleinen Theilchen gab. Die Kenntniss dieser relativen Grössen verschaffte uns nnser neuer Standpunkt. Auf den neu gefundenen Werthen basirend, entwickelten wir uns neue Formeln, welche zwar nicht die alten als unrichtig erwiesen, uns aber doch einen grösseren Spielraum für theoretische Betrachtungen gewährten. Nachdem wir so weit gelangt waren, machten wir uns mit den chemischen Eigenschaften der organischen Verbindungen bekannt und an einer grossen Reihe von Beispielen wurde die Besonderheit der organischen Verbindungen im Vergleich zu den anorganischen deutlich. Die Angabe einer auf die chemischen Reactionen gegründeten Eintheilung der organischen Verbindungen und schliesslich die Betrachtungen über die Constitution derselben vollendeten das Bild, welches wir von der grossen Gruppe der organischen Verbindungen entworfen hatten. Die Erkenntniss, dass die Verschiedenheit der Eigenschaften der Körper in einer Verschiedenheit der Zusammensetzung begründet ist, führte uns zu dem Schluss, dass bei chemisch verschiedenen, aber gleich zusammengesetzten Körpern die Atomlagerung verschieden sein müsse. Dies bestätigte unsere Schlüsse, welche wir aus den chemischen Reactionen der Körper gezogen hatten und vollendete unsere Erkenntniss des Wesens der chemischen Constitution. Die Existenz isomerer Körper führte uns sogar zur Aufstellung von Formeln, welche die Constitution der Körper bis zum letzten Punkte verfolgten, und uns eine Vorstellung der Atombindung und somit von der chemischen Structur der Körper verschafften. Bei diesen letzteren Betrachtungen hatten wir stets Gelegenheit von der Werthigkeit der Atome Gebrauch zu machen.

Die im Verlauf der Einleitung gebrauchten Formeln sind zum

Theil rein empirische Formeln, zum Theil aber auch ganz aufgelöste Constitutionsformeln. Der Gebrauch der letzteren ist natürlich nur dann nöthig, wenn man theoretische Betrachtungen anstellen will, und wird daher im speciellen Theil mit wenigen unumgänglichen Ausnahmen davon Abstand genommen werden. Wie bereits pag. 395 u. 422 erwähnt, können die chemischen Formeln derselben Körper höchst verschiedenartig geschrieben werden, je nachdem man diese oder jene Eigenschaft hervortreten lassen will. In einem Anhang zu dieser Abtheilung werden wir eine Zusammenstellung der verschiedenen Schreib- und Ausdrucksweisen geben, mit deren Hülfe die Anwendung jeder beliebigen Formel leicht möglich sein wird.

Die in dem speciellen Theile durchgeführte Eintheilung ist folgende:

A. Fettgruppe:
- I. Kohlenwasserstoffe,
  - 1) Reihe $Є_n H_{2n+2}$,
  - 2) „ $Є_n H_{2n}$,
  - 3) „ $Є_n H_{2n-2}$;
- II. Alkohole,
  - 1) Einsäurige,
  - 2) Zweisäurige,
  - 3) Dreisäurige,
  - 4) Mehrsäurige Kohlenhydrate,
  - 5) Ungesättigte Alkohole;
- III. Säuren,
  - 1) Einbasische Säuren,
  - 2) „ Alkoholsäuren,
  - 3) Zweibasische Säuren,
  - 4) „ Alkoholsäuren,
  - 5) Dreibasische Säuren,
  - 6) „ Alkoholsäuren;
- IV. Ammoniak- und Ammoniumbasen;
- V. Amide und Amidsäuren;
- VI. Amidosäuren;
- VII. Cyanverbindungen;
- VIII. Derivate der Kohlensäure.

B. Aromatische Verbindungen,
mit ungefähr denselben Unterabtheilungen.

C. Naphtalingruppe.

D. Anthracengruppe.

E. Metallorganische Verbindungen.

Specieller Theil.

A. Fettkörper.

I. Kohlenwasserstoffe.

1. Reihe $C_n H_{2n+2}$.

a) Sumpfgas, CH_4 (Methylwasserstoff), bildet sich sowohl bei der trockenen Destillation organischer Körper (ist daher ein Bestandtheil des Leuchtgases), als auch bei deren Fäulniss. Es entweicht an vielen Orten aus Spalten und Ritzen der Erde und entwickelt sich in ziemlich reichlicher Menge in Sümpfen. Es ist ein Hauptbestandtheil der schlagenden Wetter in Kohlenbergwerken (Grubengas). Das Sumpfgas ist eine sehr beständige Verbindung, da selbst sehr heftige Oxydationsmittel es nicht angreifen. Von Chlorgas wird es in Methylchlorid, CH_3Cl, Methylenbichlorid, CH_2Cl_2, Chloroform, $CHCl_3$, und schliesslich in flüssigen Chlorkohlenstoff, CCl_4, verwandelt. Wasser löst nur sehr geringe Mengen des Gases auf.

Man stellt es am einfachsten durch Erhitzen von essigsaurem Kalk mit Natronkalk oder Aetznatron dar (siehe pag. 369).

b) Das wichtigste Substitutionsproduct des Sumpfgases ist das Chloroform, $CHCl_3$, welches jedoch, einfacher als aus dem Sumpfgas, durch Destillation von Weingeist mit Chlorkalk dargestellt wird.

Das Chloroform stellt eine farblose, bei 61° C. siedende Flüssigkeit vom spec. Gew. 1,48 dar. Es riecht angenehm und schmeckt süsslich. Es löst sich wenig in Wasser, leicht in Alkohol und Aether, nicht in Schwefelsäure, und ist ein vorzügliches Lösungsmittel für Jod, Schwefel, Phosphor, Harze, Kautschouk, Fette und viele Alkaloide. Es brennt schwierig und mit grüngesäumter Flamme. Wegen der beim Einathmen seiner Dämpfe betäubenden und einschläfernden Wirkung wird es sehr häufig angewendet. Das Chloroform ist das vorzüglichste aller

Anaesthetica. Durch Wasserstoff im Entstehungsmoment wird das Chloroform zuerst in Methylenbichlorid, CH_2Cl_2, und zuletzt in Sumpfgas verwandelt. Chlorgas erzeugt flüssigen Chlorkohlenstoff, CCl_4, daraus.

Interessant ist die Bildung von ameisensaurem Kali beim Erhitzen von Chloroform mit starker Kalilauge, nach der Gleichung: $CHCl_3 + 4KHO = CHO_2K + 3KCl + 2H_2O$.

Zur Darstellung des Chloroforms im Grossen verfährt man folgendermaassen: Man mischt in einem geräumigen Gefäss von der Gestalt einer Retorte 2 Thle. Weingeist (0,845 spec. Gew.) mit 60 Thln. Wasser und 15 Thln. Chlorkalk (22—23 % wirksames Chlor enthaltend), lässt das Gemisch einige Zeit stehen und erwärmt alsdann so lange gelinde, bis die Reaction eintritt. Hierauf destillirt man ohne weiteres Erhitzen alles Chloroform über. Das Destillat wird mit Wasser gewaschen, mit Chlorcalcium getrocknet und über concentrirter Schwefelsäure rectificirt.

c) Jodoform, CHJ_3. Die dem Chloroform entsprechende Jodverbindung entsteht bei gleichzeitiger Einwirkung von Jod und Kalilauge auf Alkohol. Es bildet citronengelbe, glänzende Plättchen, die bei 115° C. 'schmelzen und sublimirbar sind. Aus Alkohol lässt sich das Jodoform in schönen, ziemlich grossen Krystallen erhalten; in Wasser ist es unlöslich.

Das Jodoform entsteht übrigens auch bei Einwirkung von Jod auf viele andere organische Stoffe, so aus Dextrin, Zucker, Albuminkörpern und Aehnlichen.

Durch Kochen mit alkoholischer Kalilösung wird es in Methylenjodid, CH_2J_2, verwandelt.

d) Der flüssige Chlorkohlenstoff, CCl_4, entsteht ausser in den genannten Fällen bei der Einwirkung von Chlor auf Schwefelkohlenstoff in der Glühhitze. Er siedet bei 77° C. Durch Natriumamalgam oder Wasserstoff im Entstehungsmoment kann er in Chloroform, Methylenbichlorid und Methylchlorid verwandelt werden. Mit Wasserstoff durch eine glühende Röhre geleitet, liefert er Sumpfgas.

Diese Verbindung wird noch vielfach „Zweifach Chlorkohlenstoff" genannt, welcher Name seiner Formel in Aequivalentzeichen, C_2Cl_4, entspricht.

e) Die höheren Glieder der homologen Reihe C_nH_{2n+2} sind zum grössten Theil in den Producten der trocknen Destillation organischer Stoffe enthalten und daher Bestandtheile des Steinkohlentheers, sowie der sogen. Mineralöle, wie des amerikanischen Steinöls. Auf synthetischem Wege können sie nach mehreren Methoden erhalten werden, welche dann gleichzeitig einen Schluss auf die Constitution dieser Kohlenwasserstoffe zu ziehen gestatten. Folgende Gleichungen lassen sich realisiren:

$$\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\right\}Zn + 2CH_3J = 2\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\right\} + ZnJ_2$$

Zinkmethyl — Methyljodid — Dimethyl- oder Aethylwasserstoff

$$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}\right\}Zn + 2CH_3J = 2\left.\begin{matrix}C_2H_5\\CH_3\end{matrix}\right\} + ZnJ_2$$

Zinkaethyl — Methylaethyl

$$5C_5H_{11}J + 2Na = \left.\begin{matrix}C_5H_{11}\\C_5H_{11}\end{matrix}\right\} + 2NaJ$$

Amyljodid — Diamyl.

Die hier genannten Kohlenwasserstoffe sind identisch mit Wasserstoffverbindungen einwerthiger Alkoholradicale.

So ist der Dimethyl identisch mit Aethylwasserstoff, $CH_3CH_3 = C_2H_5H = C_2H_6$.

Eine andere interessante Bildungsweise dieser Kohlenwasserstoffe findet bei der Electrolyse der Kalisalze vieler Fettsäuren statt. Essigsaures Kali liefert bei der Electrolyse Aethylwasserstoff oder Dimethyl, kohlensaures Kali, Kohlensäure und Wasserstoff.

Sehr häufig werden die oben genannten Kohlenwasserstoffe als die freien Alkoholradicale bezeichnet, wobei CH_3, Methyl, als das Radical des Methylalkohols oder Holzgeistes, C_2H_5, Aethyl als das Radical des Weingeistes oder Aethylalkohols angesehen wird (siehe pag. 399 u. 402), womit sich auch die Benennung der Kohlenwasserstoffe der Reihe C_nH_{2n+2} als Wasserstoffverbindungen von einwerthigen Alkoholradicalen erklärt, z. B. CH_3H = Methylwasserstoff, C_2H_5H = Aethylwasserstoff u. s. w.

2. Reihe C_nH_{2n}.

a) Aethylen, C_2H_4 (ölbildendes Gas), das kohlenstoffärmste Glied der Reihe C_nH_{2n}, welches wie die anderen Glieder dieser Reihe die Eigenschaft hat, sich leicht direct mit zwei Atomen Chlor, Brom oder Jod zu vereinigen.

Das Aethylen ist ein Product der trocknen Destillation vieler organischen Stoffe und deshalb ein Bestandtheil des Leuchtgases.

Es ist ein farbloses, schwach riechendes, mit hellleuchtender Flamme brennbares Gas, welches durch Kälte und starken Druck zu einer Flüssigkeit verdichtet werden kann. In Wasser ist es schwer, in Alkohol etwas leichter löslich. Am einfachsten stellt man das Aethylengas durch Erhitzen von Weingeist mit dem drei-

fachen Volumen concentrirter Schwefelsäure dar. Zur Reinigung leitet man das hierbei sich entwickelnde Gas durch Kalilauge und durch concentrirte Schwefelsäure.

Von rauchender Schwefelsäure wird es reichlich aufgenommen, indem es sich mit einem Bestandtheil derselben verbindet. Leitet man Aethylengas in Brom, so verbindet es sich damit zu

b) Aethylenbromid, $C_2H_4Br_2$, welches nach dem Sättigen des Broms durch Aethylen, mit Kalilauge und Wasser gewaschen, mit Chlorcalcium getrocknet eine farblose, angenehm riechende, bei 128° C. siedende, bei 0° C. zu Krystallen erstarrende Flüssigkeit darstellt. Das Aethylenbromid verliert beim Erhitzen mit concentrirter alkoholischer Kalilösung Bromwasserstoffsäure, und es entsteht zunächst

c) Bromäthylen, (Bromvinyl) C_2H_3Br, welches eine sehr flüchtige Flüssigkeit ist; bei weiterer Einwirkung von alkoholischer Kalilösung entsteht hieraus Acetylen, C_2H_2.

Das Bromäthylen verbindet sich ebenfalls direct mit Brom, indem Bromäthylenbromid, $C_2H_3Br_3$, entsteht.

d) Leitet man Aethylengas und Chlorgas gleichzeitig in eine von der Sonne beschienene Glasflasche, so entsteht eine Reihe von Producten, von denen das Aethylenchlorid, $C_2H_4Cl_2$, das Oel der holländischen Chemiker, das wichtigste ist. Dieser Körper ist eine bei 85° C. siedende Flüssigkeit.

Neben dem Aethylenchlorid entsteht noch eine Reihe von Substitutionsproducten desselben, welche zum Theil isomer mit den Substitutionsproducten des Aethylchlorids (siehe dieses) sind; pag. 362 ist die Bildung dieser Chlorsubstitutionsproducte schon besprochen worden, und namentlich auch der Entstehung des flüssigen Chlorkohlenstoffs oder Perchloräthylens, C_2Cl_4, und des festen Chlorkohlenstoffs, C_2Cl_6, Erwähnung geschehen.

Die erstere Verbindung, C_2Cl_4, siedet bei 122° C.; sie wird häufig einfach Chlorkohlenstoff genannt, welcher Name sich auf die Aequivalentformel C_4Cl_4 bezieht.

Der feste Chlorkohlenstoff C_2Cl_6 entsteht, ausser in den erwähnten Fällen, bei der Einwirkung von Chlor auf viele andere organische Körper. Er schmilzt bei 160° und kann aus Alkohol in schönen Krystallen erhalten werden.

Es wird oft Anderthalbfach Chlorkohlenstoff genannt, was sich auf seine Aequivalentformel C_4Cl_6 bezieht.

e) Auch Aethylenjodid, $C_2H_4J_2$, kann durch directe Vereinigung von Aethylen mit Jod dargestellt werden. Leitet man Aethylengas in eine alkoholische Lösung von Jod, so scheiden sich schöne goldglänzende Plättchen von Aethylenjodid aus.

f) Steigt man in der Reihe C_nH_{2n} auf, so begegnet man bald Kohlenwasserstoffen, welche in mehreren isomeren Modificationen existiren können.

Die beiden nächsten Glieder, Propylen, C_3H_6, und Butylen, C_4H_8, sind Gase; das Amylen, C_5H_{10}, ist eine bei 35° C. siedende Flüssigkeit. Diese Kohlenwasserstoffe entstehen in derselben Weise wie das Aethylen und sind daher gleichfalls Bestandtheile des Leuchtgases und des Steinkohlentheers.

Sie können wie das Aethylen aus Alkoholen von gleichem Kohlenstoffgehalt durch Einwirkung von Wasser entziehenden Substanzen dargestellt werden. So entsteht Amylen, C_5H_{10}, bei Einwirkung von Chlorzink auf Amylalkohol, oder Fuselöl, $C_5H_{12}O$.

Bezüglich ihrer chemischen Eigenschaften stimmen sie mit dem Aethylen überein.

Interessant ist die Eigenschaft namentlich der höheren Glieder dieser Reihe, bei Berührung mit Schwefelsäure oder Chlorzink durch Polymerisirung in Kohlenwasserstoffe mit doppeltem oder mehrfachem Moleculargewicht überzugehen. Derartige Producte scheinen die verschiedenen Arten von Paraffin zu sein, welche nach der allgemeinen Formel C_nH_{2n} zusammengesetzt sind und aus dem Holztheer, sowie durch trockne Destillation von Torf, Braunkohlen und bituminösen Schiefern dargestellt werden.

Die Kohlenwasserstoffe dieser Reihe sind die Radicale zweisäuriger Alkohole.

3. Reihe C_nH_{2n-2}.

Das wichtigte Glied dieser Reihe ist das Acetylen, C_2H_2, welches ein untergeordneter Bestandtheil des Leuchtgases ist. Das Acetylen ist ein farbloses Gas von höchst unangenehmem Geruch. Es entsteht durch directe Vereinigung von Kohlenstoff und Wasserstoff, wenn man den electrischen Flammenbogen zwischen Kohlenspitzen in einer Atmosphäre von Wasserstoff hervorbringt. Das Acetylen entsteht beim starken Erhitzen vieler organischen Stoffe, sowie beim unvollständigen Verbrennen derselben. Durch sehr starkes Erhitzen kann man eine Vereinigung dreier Molecüle Acetylen zu einem Molecül Benzol bewirken ($3C_2H_2 = C_6H_6$).

Das Acetylen vereinigt sich direct mit zwei oder vier Atomen Brom zu flüssigen Verbindungen.

Die Homologen des Acetylens sind Allylen, C_3H_4, Crotonylen, C_4H_6, Valerylen, C_5H_8, und Diallyl, C_6H_{10}.

Diese Kohlenwasserstoffe entstehen in ganz analoger Weise wie das Acetylen aus den einfach gebrannten Kohlenwasserstoffen der Reihe C_nH_{2n}. So entsteht Acetylen aus Bromäthylen, C_2H_3Br, durch Austritt von HBr; Allylen aus Brompropylen, C_3H_5Br,

Crotonylen aus Brombutylen, C_4H_7Br, Valerylen aus Bromamylen, C_5H_9Br, durch Austritt von HBr.

II. Alkohole.

Die Alkohole sind Hydroxylderivate der Kohlenwasserstoffe (siehe pag. 399), und haben demnach die allgemeinen Formeln: $C_nH_{2n+1}\ OH$, $C_nH_{2n}(OH)_2$, $C_nH_{2n-1}(OH)_3$ oder $C_nH_{2n+2}O$, $C_nH_{2n+2}O_2$, $C_nH_{2n+2}O_3$, wenn sie sich von den Kohlenwasserstoffen der Reihe C_nH_{2n+2} ableiten. Diese Alkohole sind die wichtigeren und sollen hier besprochen werden. Von denjenigen Alkoholen, welche sich von den Kohlenwasserstoffen der Reihe C_nH_{2n} ableiten, ist nur der Allylalkohol, C_3H_6O, wichtig.

1. Reihe $C_nH_{2n}O$.

Einsäurige Alkohole.

a) Methylalkohol, Holzgeist, CH_4O, gehört zu den Producten der trocknen Destillation des Holzes. Es wird aus Holzessig im Grossen dargestellt. Substanzen, welche als Derivate des Methylalkohols anzusehen sind, kommen in der Natur mehrfach vor. Das Wintergrünöl, das flüchtige Oel der Gaultheria procumbens, ist ein Methyläther der Salicylsäure; das in der Häringslake enthaltene Trimethylamin sowie das Kreatin enthalten Methyl, das Radical des Methylalkohols.

Der Methylalkohol ist eine farblose, dünnflüssige Substanz von eigenthümlichem Geruch und brennendem Geschmack. Er siedet bei 60° C. (die Angaben über den Siedepunkt des Methylalkohols schwanken zwischen 60° und 66° C.) und lässt sich mit Wasser in allen Verhältnissen mischen. Er hat das spec. Gew. 0,814. Mit Chlorcalcium bildet der Methylalkohol eine feste Verbindung, er kann deshalb nicht durch diese Substanz entwässert werden, sondern es muss zu diesem Zwecke gebrannter Kalk verwendet werden. Kali- und Natronhydrat werden von Methylalkohol gelöst; Kalium und Natrium werden unter Wasserstoffentwicklung aufgelöst, wobei die Verbindungen Kaliummethylat, CH_3OK, und Natriummethylat, CH_3ONa, entstehen, welche feste krystallisirende Körper sind.

Methyljodid, CH_3J, wird bei gleichzeitiger Einwirkung von Jod und Phosphor auf Methylalkohol erhalten und bildet eine farblose, ätherisch riechende, bei 43° C. siedende Flüssigkeit.

Methylchlorid, CH_3Cl ist ein Gas;

Methylbromid, CH_3Br eine Flüssigkeit, welche bei 13° C. siedet.

Diese drei Haloidäther (pag. 382) können auch als Substitutionsproducte des Sumpfgases angesehen werden.

Bei Einwirkung von Säuren bilden sich aus dem Methylalkohol Aether. So erhält man aus einem Gemisch von Holzgeist, Salpeter und Schwefelsäure durch Destillation den bei 60° C. siedenden Salpetersäuremethyläther, CH_3ONO_2, der sich also vom Methylalkohol, CH_3OH, ableitet durch Vertretung des Hydroxylwasserstoffs durch das Radical NO_2 der Salpetersäure.

Die zweibasische Schwefelsäure SO_4H_2 erzeugt zwei Aether mit Methylalkohol, von denen der saure Aether oder die Aethersäure am wichtigsten ist. Die Methylätherschwefelsäure ist eine krystallisirende, mit Basen leicht lösliche Salze bildende Substanz und entsteht beim Vermischen von 1 Theil Holzgeist mit 2 Theilen concentrirter Schwefelsäure. Die Formel der freien Säure ist CH_3OSO_3H oder $SO_2\begin{matrix}OH\\OCH_3\end{matrix}$ oder HCH_3SO_4. Das Kalisalz derselben wird aus der Säure durch Sättigung mit kohlensaurem Kali erhalten und hat die Formel $CH_3O\ SO_3K$ oder $SO_2\begin{matrix}OK\\OCH_3\end{matrix}$ oder KCH_3SO_4.

Destillirt man methylätherschwefelsauren Kalk mit Kaliumsulfhydrat, KHS, so entsteht das bei 20° C. siedende Methylsulfhydrat, CH_3SH. Wegen seiner Eigenschaft, mit Quecksilberoxyd sich zu zersetzen, unter Bildung der Verbindung $CH_3SHgSCH_3$ oder $\left.\begin{matrix}(CH_3)_2\\Hg\end{matrix}\right\}S_2$, welche aus Alkohol krystallisirt erhalten werden kann, wird es Methylmercaptan genannt.

Bei der Destillation von methylätherschwefelsaurem Kali mit Cyankalium entsteht Methylcyanid, Acetonitril, CH_3Cy, welches eine bei 77° C. siedende, farblose Flüssigkeit darstellt, die sich mit Wasser in allen Verhältnissen mischt und durch Kalilauge unter Bildung von essigsaurem Kali und Ammoniak zersetzt wird. Methylcyanid entsteht auch beim Destilliren von essigsaurem Ammoniak mit wasserfreier Phosphorsäure.

b) Aethylalkohol, Alkohol, Weingeist, Spiritus, C_2H_6O, entsteht bei der geistigen Gährung des Zuckers. Im Grossen wird er aus gegohrenen Flüssigkeiten durch Destillation dargestellt. Der Reingewinnung des Alkohols geht die Entfuselung voraus, welche die Entfernung des in den meisten gegohrenen Flüssigkeiten vorhandenen Amylalkohols zum Zweck hat. Letzterer wird einfach durch Holzkohle entzogen. Der durch Destillation gewonnene Alkohol ist nicht wasserfrei, sondern enthält noch 8—10% Wasser, welche durch Destillation nicht entzogen werden können. Durch nochmalige Rectification über gebrannten Kalk, geglühtes kohlensaures Kali oder Aetzbaryt kann er wasser-

frei erhalten werden. Der nahezu wasserfreie Alkohol wird absoluter Alkohol genannt.

Der reine Alkohol ist eine farblose, bei 78,4° C. siedende, selbst durch die stärkste Kälte noch nicht zum Erstarren gebrachte, leicht bewegliche Flüssigkeit von charakteristischem Geruch. Er ist äusserst giftig; in die Venen gebracht, bewirkt er raschen Tod. Mit Wasser ist er in allen Verhältnissen mischbar; er löst viele Substanzen auf, wie Harze, ätherische Oele, viele Alkaloide und eine grosse Menge organischer Verbindungen, welche in Wasser unlöslich sind. Schwefelsaure und kohlensaure Salze werden von Alkohol nicht gelöst. Mit Kalium und Natrium bildet er ähnliche Verbindungen wie der Methylalkohol. Mit einigen Salzen vereinigt er sich zu krystallisirenden Verbindungen, in welchen er die Rolle des Krystallwassers zu spielen scheint.

Die Gemische von Alkohol und Wasser spielen in der Technik und im gewöhnlichen Leben eine so grosse Rolle, dass es interessant ist, ein Verfahren kennen zu lernen, mit Hülfe dessen man sich rasch von dem Alkoholgehalt einer derartigen Flüssigkeit Kenntniss verschaffen kann. Die chemische Analyse ist zu diesem Zwecke zu umständlich, man benutzt daher ausschliesslich die physikalischen Eigenschaften dieser Gemische, um ihren Alkoholgehalt zu ermitteln. Hauptsächlich dient die Bestimmung des spec. Gewichtes diesem Zweck, man hat daher durch Versuche genaue Tabellen festgestellt, welche die Beziehung des Alkoholgehaltes einer Flüssigkeit zu ihrem spec. Gewichte angeben. Im physikalischen Theil werden wir die für diesen Zweck bestimmten Tabellen kennen lernen.

Ausser bei der Gährung entsteht der Alkohol noch bei verschiedenen Reactionen. So bildet er sich bei der Zersetzung des Aethylchlorids mit Kalilauge, bei der Destillation der durch Absorption von Aethylen durch conc. Schwefelsäure entstandenen Substanz mit Wasser.

Die Zersetzungen des Alkohols sind sehr genau untersucht und gehört der Alkohol überhaupt zu den beststudirten chemischen Verbindungen. Oxydationsmittel wie Braunstein und Schwefelsäure oder chromsaures Kali und Schwefelsäure verwandeln ihn in Aldehyd und weiter in Essigsäure; Salpetersäure erzeugt gleichzeitig noch eine grosse Anzahl anderer Körper, wie Salpetersäureäther, Glyoxal, Glyoxylsäure, Glycolsäure, Oxalsäure, Ameisensäure, Kohlensäure und andere, jedoch sind je nach der Temperatur die Einwirkungsproducte verschieden. Auch das Chlor wirkt gleichzeitig oxydirend und in anderer Weise zersetzend, indem neben Aldehyd und Essigsäure zunächst die Substitutionsproducte derselben, hauptsächlich Chloral, entstehen, während gleichzeitig Aethylchlorid und dessen Substitutionsproducte gebildet werden.

Die Wasserstoffsäuren wirken auf Alkohol zersetzend ein, und es entstehen die sogen. Haloidäther. Salzsäure erzeugt Aethylchlorid, $Ͼ_2H_5Cl$, eine bei 11,5 ° C. siedende, angenehm ätherisch riechende Flüssigkeit; Bromwasserstoffsäure liefert Aethylbromid, $Ͼ_2H_5Br$, welches ebenfalls flüssig ist und bei 38 ° C. siedet. Jodwasserstoffsäure erzeugt Aethyljodid, $Ͼ_2H_5J$, welches bei 72 ° C. siedet.

Die beiden letzteren stellt man praktisch durch Einwirkung von Phosphor und Brom oder Jod auf Alkohol dar (siehe pag. 363).

Das Aethylchlorid liefert mit Chlorgas behandelt im Sonnenlicht Substitutionsproducte, von denen das Aethylidenchlorid, $Ͼ_2H_4Cl_2$, oder Monochloräthylchlorid, welches bei 60 ° C. siedet, isomer mit Aethylenchlorid, und das zweite, Dichloräthylchlorid, $Ͼ_2H_3Cl_3$, welches bei 74,5 ° C. siedet, isomer mit Monochloräthylenchlorid ist.

Wir können uns die Isomerie folgendermaassen vorstellen:

		$<^{;H_3}_{;H_2Cl}$	Aethylchlorid (11,5 ° C.)
$<^{;H_2Cl}_{;H_2Cl}$	Aethylenchlorid (84 ° C.)	$<^{;H_3}_{;HCl_2}$	Aethylidenchlorid (60 ° C.)
$<^{;H_2Cl}_{;H\,Cl_2}$	Monochloräthylenchlorid (115 ° C)	$<^{;H_3}_{;Cl_3}$	Dichloräthylchlorid (74,5 ° C.)

Wie weit sich die Isomerie bei den chlorreichen Producten erstreckt, ist noch nicht genau untersucht, man weiss nur, dass aus beiden Körpern derselbe feste Chlorkohlenstoff, $Ͼ_2Cl_6$, entsteht.

Beim Destilliren eines Gemisches von Alkohol mit Salpetersäure erhält man, mit anderen Producten vermengt, den bei 16 ° C. siedenden Salpetrigsäureäthyläther oder Salpeteräther, $NΘ_2Ͼ_2H_5$, der eine leicht bewegliche Flüsssigkeit bildet. Ein mit Weingeist vermischter unreiner Salpeteräther ist der Spiritus nitrico-aethereus.

Beim Zusammenkommen von Alkohol mit concentrirter Schwefelsäure entsteht die Aetherschwefelsäure, $Ͼ_2H_5ΘSΘ_3H$ oder $SΘ_2{}^{ΘH}_{Θ;_2H_5}$ oder $H;_2H_5SΘ_4$, auch Weinschwefelsäure oder Aethyloxydschwefelsäure genannt. Dieser saure Aether bildet eine dicke ölige Flüssigkeit, welche beim Erwärmen mit Wasser sich in Alkohol und Schwefelsäure zersetzt, und, mit Alkohol auf 140 ° C. erhitzt, neben Schwefelsäure Aethyläther oder Aether liefert. Die Säure wird aus dem Barytsalz am leichtesten rein erhalten, welches man durch Neutralisirung der durch Erwärmen eines Gemisches gleicher Theile Alkohol und Schwefelsäure auf 60—70 ° C. erzeugten Flüssigkeit mit kohlensaurem Baryt und Krystallisirenlassen aus der filtrirten Flüssigkeit gewinnt, indem man die Lö-

sung des reinen Barytsalzes mit verdünnter Schwefelsäure genau zersetzt, von dem gefällten schwefelsauren Baryt abfiltrirt und die wässerige Lösung im Vacuum verdunsten lässt.

Die Aetherschwefelsäure ist eine einbasische Säure; ihre Salze sind in Wasser löslich.

Andere anorganische Säuren, wie Salpetersäure, Phosphorsäure, Borsäure und andere liefern ebenfalls unter ähnlichen Bedingungen neutrale oder saure Aether.

Der gewöhnliche Aether, auch Aethyläther genannt, entsteht bei der Einwirkung von Schwefelsäure auf Weingeist bei einer Temperatur von 140° C. Dem Zusammensetzungsverhältniss des Weingeistes und Aethers nach, scheint die Schwefelsäure bei dieser Zersetzung wasserentziehend auf den Weingeist zu wirken. Das aus dem Weingeist ausgetretene Wasser bleibt jedoch nicht mit der Schwefelsäure verbunden, sondern entweicht bei der Zersetzungstemperatur mit dem gebildeten Aether und die zurückbleibende Schwefelsäure ist im Stande neue Mengen von Weingeist in Aether zu verwandeln. In der That wirkt die Schwefelsäure auch nicht wasserentziehend im gewöhnlichen Sinne, sondern der Aether entsteht nach den beiden folgenden Zersetzungsgleichungen: $C_2H_6O + SO_4H_2 = C_2H_5OSO_3H + H_2O$; $C_2H_5O\,SO_3H + C_2H_6O = C_2H_5O\,C_2H_5$ (Aether) $+ SO_4H_2$. Es bildet sich also zunächst Aetherschwefelsäure und Wasser, und während das letztere entweicht, setzt sich die erstere mit Alkohol in Aether und Schwefelsäure um. Die so wieder gebildete Schwefelsäure ist im Stande, neue Mengen von Weingeist zu ätherificiren. Bei der Darstellung des Aethers im Kleinen wie im Grossen gebraucht man als Entwicklungsgefäss einen Kolben mit dreifach durchbohrtem Stopfen. Die eine Durchbohrung enthält ein Trichterrohr zum Einführen von Alkohol, die zweite Durchbohrung ein Thermometer, um beobachten zu können, ob die im Kolben befindliche Flüssigkeit immer 140° C. hat, die dritte enthält eine mit einer Kühlvorrichtung verbundene Glasröhre, durch welche der gebildete Aether entweicht, um in dem Kühlapparat verdichtet und in einer Vorlage aufgefangen zu werden. In den Kolben bringt man 100 Thle. conc. Schwefelsäure, 20 Theile Wasser und 50 Thle. absoluten Alkohol, senkt das Thermometer in die Flüssigkeit und beginnt zu erwärmen. Zeigt das Thermometer 140° C., so lässt man Alkohohl in so starkem Strome durch das Trichterrohr zufliessen, dass diese Temperatur erhalten bleibt. Es destillirt alsdann ein Gemenge von Aether und Wasser und etwas Alkohol über. Das Destillat wird mit Kalkmilch geschüttelt, der obenauf schwimmende Aether abgenommen und über Aetzkalk rectificirt.

Einige geringe Abänderungen werden bei der Darstellung des

Aethers im Grossen vorgenommen. Das Erhalten der Temperatur von 140° C. ist nothwendig, weil unterhalb dieser Temperatur der Alkohol unzersetzt überdestillirt und sich oberhalb derselben Aethylen bildet.

Der reine, wasserfreie Aether ist eine farblose, leicht bewegliche, bei 35° C. siedende, mit Alkohol in allen Verhältnissen mischbare, in Wasser schwer lösliche Flüssigkeit. Aether löst Schwefel und Phosphor schwer, Brom und Jod sehr leicht, ebenso ist er ein vorzügliches Lösungsmittel für Fette sowie für flüchtige Oele. Der Aether hat eine ähnlich betäubende Wirkung wie das Chloroform.

Gemäss den früheren Anschauungen hatte der Aether die Formel C_4H_5O und wurde als Aethyloxyd aufgefasst, wobei C_4H_5 Aethyl genannt wurde.

Die Bildung aus Alkohol, welcher die Aequivalentformel $C_4H_6O_2$ hatte, wurde als eine Wasserentziehung angesehen, indem $C_4H_6O_2 = HO + C_4H_5O$. Unsere neueren Atomzeichen gestatten die Formel C_4H_5O deshalb nicht, weil darin ein $1/2$ Atom Sauerstoff angenommen werden müsste, denn $O = 1/2\ \Theta$, darum muss die Formel verdoppelt werden und wird zunächst zu $C_8H_{10}O_2$, welche in Atomzeichen ausgedrückt zu $\mathrm{C}_4H_{10}\Theta$ wird. Die Bildungsweise der Aether spricht für diese Formel. Wir können diese Formel natürlich auch anders schreiben, z. B. $\left.\begin{matrix}\mathrm{C}_2H_5\\ \mathrm{C}_2H_5\end{matrix}\right\}\Theta$ oder $\mathrm{C}_2H_5\Theta\mathrm{C}_2H_5$, wo der Aether als Alkohol erscheint, in welchem der Hydroxylwasserstoff durch Aethyl ersetzt ist. Die Existenz anderer derartiger Aether, welche zwei verschiedene Alkoholradicale enthalten und gemischte Aether genannt werden (pag. 420 und 421), spricht für diese Auffassung. Lässt man z. B. Methyljodid auf Natriumäthylat einwirken, so entsteht Aethylmethyläther nach der Gleichung: $\mathrm{C}_2H_5\Theta Na + \mathrm{C}H_3J = NaJ + \mathrm{C}_2H_5\Theta\mathrm{C}H_3$, ebenso wie gewöhnlicher Aether bei Einwirkung von Aethyljodid auf Natriumäthylat gebildet wird.

Aethylcyanid, C_2H_5Cy, Aethylmercaptan, C_2H_5SH, werden nach denselben Methoden, wie die entsprechenden Methylverbindungen erhalten. Aethylcyanid oder Propionnitril ist flüssig, siedet bei 97° C., zerfällt bei Einwirkung von Säuren oder Alkalien in Propionsäure und Ammoniak. Aethylmercaptan ist flüssig, siedet bei 36° C.

Destillirt man concentrirte Lösungen von einfach-, zweifach- oder dreifach-Schwefelkalium und ätherschwefelsaurem Kali, so erhält man einfach Schwefeläthyl, $(\mathrm{C}_2H_5)_2S$ (75° C. Siedepunkt), zweifach Schwefeläthyl $(\mathrm{C}_2H_5)_2S_2$ (151° C. Siedepunkt) oder dreifach Schwefeläthyl $(\mathrm{C}_2H_5)_2S_3$.

Einfach Schwefeläthyl und Aethyljodid vereinigen sich zu krystallisirendem Triäthysulfinjodid, $(\mathrm{C}_2H_5)_3SJ$, welches beim Erhitzen in seine beiden Componenten zerfällt.

c) Propylalkohol, $\mathrm{C}_3H_8\Theta$, ist in den Gährungsproducten der Weintrestern enthalten und siedet bei 96—97° C.

d) Isopropylalkohol, $\mathrm{C}_3H_8\Theta$, entsteht bei Einwirkung von Wasserstoff im Entstehungsmoment auf Aceton; siedet bei 84° C., liefert bei der Oxydation Aceton.

e) Butylalkohol, $C_4H_{10}O$, ist in gewissen Arten von Fuselöl enthalten, siedet bei circa 109° C., liefert bei der Oxydation zuerst Butyrylaldehyd und dann Buttersäure.

f) Isobutylalkohol, $C_4H_{10}O$, entsteht bei der Zersetzung der durch Einwirkung von Jodwasserstoffsäure auf Erythrit gewonnenen Jodverbindung, des Isobutyljodids, C_4H_9J, mit Silberoxyd und Wasser, siedet bei 97° C.

g) Trimethylcarbinol, $C_4H_{10}O$, wird durch Einwirkung von Zinkmethyl auf Acetylchlorid und Behandeln des nach einiger Zeit hieraus gebildeten krystallisirten Productes mit Wasser erhalten. Die Zersetzungsgleichung für diesen Process ist folgende:

$$\underset{\text{Acetylchlorid}}{2CH_3COCl} + \underset{\text{Zinkmethyl}}{4(CH_3)_2Zn} + 6H_2O =$$

$$\underset{\text{Trimethylcarbinol}}{2C_4H_{10}O} + 4CH_4 + \underset{\text{Chlorzink}}{ZnCl_2} + \underset{\text{Zinkoxydhydrat}}{3ZnO_2H_2}$$

Dieser tertiäre Alkohol ist bei niederer Temperatur fest, schmilzt jedoch schon in der Wärme der Hand. Er siedet bei 80° C.

Mit Jodwasserstoff liefern die zuletzt sub c—g genannten Alkohole Jodverbindungen ihrer Radicale. Diese Jodverbindungen können zum Theil auch aus Kohlenwasserstoffen der Reihe C_nH_{2n} durch directe Addition von Jodwasserstoffsäure dargestellt werden. Propylen, C_3H_6, vereinigt sich mit HJ zu C_3H_7J, Isopropyljodid. Das Jodid des Trimethylcarbinols, C_4H_9J zerfällt umgekehrt beim Destilliren theilweise in HJ und C_4H_8, welches aber nur isomer mit dem aus Butylalkohol, analog dem aus Aethylen dargestellten Butylen ist und deshalb Pseudobutylen genannt wird.

Es ist noch nicht mit Sicherheit festgestellt, ob der Isobutylalkohol ein primärer oder ein secundärer Alkohol ist, ob ihm also die Formel 3 oder 4 pag. 402 zukommt. Im Uebrigen können wir bezüglich der Constitution dieser Alkohole auf dasjenige verweisen, was pag. 399 und 402 darüber gesagt ist.

h) Amylalkohol, $C_5H_{12}O$, ist der Hauptbestandtheil des Fuselöls, welches bei der Kartoffel- oder Kornbranntweinbereitung als Nebenproduct erhalten wird. Er wird durch fractionirte Destillation von seinen Beimengungen getrennt. Er ist flüssig, erstarrt bei — 23° C. krystallinisch, siedet bei 132° C., in Wasser ist er schwer löslich. Bei der Oxydation mit chromsaurem Kali und Schwefelsäure liefert er Valeral und Valerian- oder Baldriansäure.

Bezüglich seiner Derivate zeigt er die grösste Uebereinstimmung mit dem gewöhnlichen Alkohol.

Eine in ihren physikalischen Eigenschaften etwas abweichende Modification des Amylalkohols kommt neben ihm im Fuselöl vor. Die eine Modification wirkt nämlich circularpolarisirend, die andere

nicht, und wird deshalb die erste Modification die optisch active, die zweite die optisch inactive Modification genannt.

Ein Isoamylalkohol kann aus Amylen erhalten werden, indem man aus diesem zunächst mit HJ das Isoamyljodid darstellt und daraus vermittelst Silberoxyd und Wasser den Isoamylalkohol gewinnt, welcher bei 108 ° C. siedet.

i) Die anderen wichtigeren Glieder dieser Reihe von Alkoholen sind:

Caproyalkohol, $C_6H_{14}O$, (aus Weintrestern darstellbar) auch Hexylalkohol genannt.

β-Hexylalkohol, $C_6H_{14}O$, (aus β Hexyljodid zu erhalten, welches bei Einwirkung von HJ auf Mannit gebildet wird.)

Cetylalkohol (auch Aethal genannt), $C_{16}H_{34}O$; (der Wallrath ist ein Aether dieses Alkohols und der Palmitin- oder Margarinsäure).

Cerotylalkohol (auch Cerylalkohol genannt), $C_{27}H_{56}O$; (das chinesische Wachs ist der Aether dieses Alkohols und der Cerotinsäure.)

Melissylalkohol, $C_{30}H_{62}O$; (das Bienenwachs enthält einen Aether dieses Alkohols).

Die drei zuletzt genannten Alkohole sind bei gewöhnlicher Temperatur fest.

2. Reihe $C_nH_{2n+2}O_2$.

Zweisäurige Alkohole (Glycole).

Die Radicale der zweisäurigen Alkohole sind die Kohlenwasserstoffe der Reihe C_nH_{2n}, welche auch den Ausgangspunkt zur Darstellung dieser Alkohole bilden. Das wichtigste Glied dieser Reihe ist:

a) Der Aethylenalkohol, Glycol, $C_2H_6O_2$ oder $C_2H_4(OH)_2$. Er wird aus Aethylenbromid durch Kochen mit einer weingeistigen essigsauren Kalilösung und Zersetzen des zwischen 140° und 200° C. überdestillirenden Umwandlungsproductes mit Baryt- oder Kalihydrat dargestellt. Er bildet eine dicke ölige Flüssigkeit, die sich mit Wasser und Weingeist vermischt und bei 196° C. siedet. Gegen Natrium und Kalium verhält er sich wie der gewöhnliche Alkohol; er kann jedoch zwei Atome Wasserstoff gegen Natrium austauschen, wobei dann $C_2H_4Na_2O_2$ entsteht, d. i. Dinatriumglycol.

Leitet man Salzsäuregas in erwärmtes Glycol, so entsteht das bei 127° C. siedende salzsaure Aethylenoxyd oder Glycolchlorhydrin, indem ein Hydroxyl durch Chlor ersetzt wird, nach der Gleichung: $C_2H_4(OH)_2 + HCl = C_2H_4(OH)Cl + H_2O$.

Das salzsaure Aethylenoxyl oder Glycolchlorhydrin steht zum Aethylenalkohol in einer ähnlichen Beziehung wie das Aethylchlorid zum Aethylalkohol. Der diesem letzteren vollständig entsprechende Aethylenchloräther ist das Aethylenchlorid, wie aus der nächstfolgenden Zusammenstellung ersichtlich:

$$\begin{array}{ll} C_2H_5OH & C_2H_4(OH)_2 \\ C_2H_5Cl & C_2H_4(OH)Cl \\ & C_2H_4Cl_2. \end{array}$$

Die Analogie der von dem Glycol sich ableitenden Verbindungen mit denen, welche vom Aethylalkohol deriviren, ist eine durchgängige. Fast jede Aethylverbindung hat ihr Analogon in einer Aethylenverbindung und eignen sich auch meistens die gleichen Reactionen zur Darstellung der analogen Derivate. So entsteht z. B. das Aethylencyanid, $C_2H_4Cy_2$ bei Einwirkung von Aethylenbromid auf Cyankalium. Die Zersetzung dieser Verbindung durch Alkalien oder Säuren ist gleichfalls, analog der Zersetzung des Aethylcyanids, indem aus Aethylencyanid die zweibasische Bernsteinsäure gebildet wird.

Die Benennung „salzsaures Aethylenoxyd" gründet sich auf folgende Reaction:

Bei der Einwirkung von Kalihydrat auf Aethylchlorhydrin wird diesem Salzsäure entzogen und es entsteht Aethylenoxyd, C_2H_4O, welches eine bei 13,5° C. siedende Flüssigkeit darstellt. Es ist isomer mit dem Aldehyd der Essigsäure, von dem es sich jedoch durch mehrere Reactionen unterscheidet.

b) Einige andere Glieder der Reihe zweisäuriger Alkohole sind Propylenalkohol, $C_3H_8O_2$, aus dem Propylenbromid $C_3H_6Br_2$ darstellbar, und Butylenalkohol. $C_4H_8O_2$, welcher in analoger Weise aus Butylen erhalten wird, wie Aethylenalkohol aus Aethylen.

Ueber die Constitution dieser Alkohole ist man fast vollständig im Klaren. Wir wissen, dass dem Aethylenalkohol die Structur: $<^{CH_2OH}_{CH_2OH}$ zukommt, woraus sich für salzsaures Aethylenoxyd die Formel $<^{CH_2Cl}_{CH_2OH}$ ableitet, während Aethylenoxyd die Formel $<^{CH_2}_{CH_2}>O$ oder $\genfrac{}{}{0pt}{}{/\!/ CH_2}{\backslash\backslash CHOH}$ haben kann. Das salzsaure Aethylenoxyd erscheint als ein Aethylalkohol, in dem ein Wasserstoff des Radicals durch Chlor ersetzt ist.

Bei den höheren Gliedern der Reihe können zahlreiche Isomerien vorkommen, insofern es eine Anzahl isomerer Propylene oder Butylene geben kann. Für den Propylenalkohol ist jedoch die Structur: $\begin{array}{l} <CH_3 \\ \;\; CH\,OH \\ <CH_2OH \end{array}$ am wahrscheinlichsten.

Die Glycole liefern bei der Oxydation meist zuerst Aldehyde und weitere Säuren; so liefert Aethylenalkohol schliesslich Oxalsäure. Der zweisäurige Alkohol giebt also zuletzt eine zweibasische Säure.

3. Reihe $C_nH_{2n+2}O_3$.

Dreisäurige Alkohole.

Von dieser ganzen Reihe kennt man genauer nur das Glycerin, $C_3H_8O_3$ oder $C_3H_5(OH)_3$. Die meisten natürlich vorkommenden Fette, sowohl diejenigen des Thierreichs als auch die des Pflanzenreichs, sind Verbindungen, welche sich vom Glycerin ableiten und aus welchen dieses dargestellt werden kann.

Das Glycerin wird als Nebenproduct bei der Seifen- und Stearinfabrikation gewonnen, und bildet namentlich seit neuerer Zeit einen nicht unwichtigen Handelsartikel. Es wird durch das sog. Verseifen aus den Fetten mit Hülfe von Kalihydrat oder Kalkhydrat und Wasser abgeschieden. Die Fette sind Aether des Glycerins und der Stearinsäure, Margarinsäure und anderer Säuren; bei dem Verseifen werden nun die Säuren an das Kali oder den Kalk gebunden und als Salze abgeschieden, während das Glycerin gelöst bleibt. Nach dem Sättigen der noch gelösten Base mit Schwefelsäure und Abdampfen kann das Glycerin mit Alkohol extrahirt werden.

Im Kleinen stellt man Glycerin durch Erhitzung eines Fettes mit Bleioxyd und Wasser dar, die Verbindung der Säure des Fettes mit Bleioxyd, die Bleipflaster sind in Wasser unlöslich, und es bleibt daher neben Glycerin nur etwas Bleioxyd gelöst, welches durch Schwefelwasserstoff entfernt wird. Aus diesen Bereitungsweisen erklären sich die hauptsächlichsten Verunreinigungen des Glycerins, welche durch das Reinigungsverfahren zu beseitigen sind.

Auch durch überhitzten Wasserdampf werden die Fette in Säuren und Glycerin zersetzt. Die künstliche Darstellung der Fette werden wir bei der Besprechung der betreffenden Säuren kennen lernen.

Monochlorhydrin, $C_3H_5(OH)_2Cl$, ist eine bei 225—230° C. siedende Flüssigkeit.

Dichlorhydrin, $C_3H_5(OH)Cl_2$, welches durch Destillation eines mit Salzsäuregas gesättigten Gemenges gleicher Raumtheile Glycerin und Eisessig (siehe Essigsäure), als der bei 140—200° C. übergehende Antheil in unreinem Zustande und durch fractionirte Destillation zu reinigen, erhalten wird, bildet eine bei 178° C. siedende ölige Flüssigkeit. Durch Phosphorsuperchlorid, PCl_5, erhält man daraus das

Trichlorhydrin, $C_3H_5Cl_3$, welches gleichfalls flüssig ist und bei 158° siedet.

Diese Chlorhydrine verhalten sich zum Glycerin wie das Glycolchlorhydrin zum Glycol und das Aethylchlorid zum Aethylalkohol. Wir sehen hier

nur als Eigenschaft des dreisäurigen Alkohols die Existenz dreier Salzsäure- oder Chlor-Aether. Die Rückverwandlung der Aether in die entsprechenden Alkohole gelingt in den meisten Fällen. Aethylchlorid, d. i. der Salzsäureäther des Aethylalkohols, liefert z. B. mit Kalilauge Alkohol und Salzsäure resp. Chlorkalium. So können auch die Salzsäureäther des Glycerins wieder rückwärts in Glycerin verwandelt werden und zwar leicht bei Einwirkung von Silberoxyd und Wasser.

Ein wichtiger Aether des Glycerins ist der Salpetersäureäther, das sog. Nitroglycerin, $\Theta_3H_5(\Theta N\Theta_2)_3$, welches durch Einwirkung von concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure in der Kälte auf Glycerin als ein farbloses, sehr leicht zersetzbares Oel, welches schwerer als Wasser und darin unlöslich ist, erhalten wird. Das Glycerin muss hierbei tropfenweise in das gekühlte Säuregemisch eingetragen werden, welches schliesslich in viel Wasser eingegossen wird, wobei das Nitroglycerin sich ausscheidet. Es ist ungemein explosiv und sehr giftig.

4. Mehrsäurige Alkohole.

a) Erythrit, $\Theta_4H_{10}\Theta_4$ oder $\Theta_4H_6(\Theta H)_4$, ist ein viersäuriger Alkohol; er entsteht durch Zersetzung des Erythrins beim Kochen mit Barytwasser. Der Erythrit findet sich in einer Alge (Protococcus vulgaris) und das Erythrin ist Bestandtheil vieler Flechten. Er bildet grosse, wasserhelle Krystalle, die bei 120° C. schmelzen.

b) Mannit, $\Theta_6H_{14}\Theta_6$ oder $\Theta_6H_8(\Theta H)_6$, ist ein sechssäuriger Alkohol und bildet einen Bestandtheil der Manna, des eingetrockneten Saftes von Fraxinus Ornus; ebenso findet er sich in dem ausgeschwizten Safte der Kirsch- und Aepfelbäume, von pinus larix, in der Rinde von Canella alba, und in Schwämmen und Seegräsern. Künstlich kann er aus Fruchtzucker durch Einwirkung von Natriumamalgam auf dessen wässerige Lösung erhalten werden. In geringer Menge entsteht er bei der schleimigen Gährung.

Er bildet sehr schöne, grosse, wasserhelle Krystalle, welche in Wasser sehr leicht, in Alkohol etwas schwerer löslich sind und bei 166° C. schmelzen.

Beim Erhitzen des Mannits auf 200° C. entsteht Mannitan, $\Theta_6H_{12}\Theta_5$.

Quercit und Pinit sind dem Mannitan isomer. Ersteres findet sich in den Eicheln, letzteres im Harz von Pinus lambertiana.

c) Dulcit ist dem Mannit isomer, identisch mit Melampyrin, welches in Scrophularia nodosa, Rinanthus Christa Galli, Evonymus europaeus und anderen Pflanzen sich findet. In grösster Menge ist der Dulcit in der Dulcitmanna, einer aus Mada-

gaskar stammenden Mannaart von unbekannter Abkunft enthalten.

Er verwandelt sich beim Erhitzen mit concentrirter Jodwasserstoffsäure wie der Mannit in β-Hexyljodid (pag. 438).

Kohlenhydrate.

Im Anschluss an die zuletzt genannten Alkohole wollen wir nun eine Klasse von Verbindungen kennen lernen, denen man mit Rücksicht auf ihre empirische Formel den Namen Kohlenhydrate, also Wasserverbindungen der Kohle, gegeben hat. Diese Verbindungen enthalten nämlich Wasserstoff und Sauerstoff in demselben Verhältniss, in welchem dieselben Wasser bilden. So wenig richtig die mit dem Namen zu verknüpfende Vorstellung von der Constitution dieser Verbindungen ist, so ist doch der Namen ganz allgemein gebräuchlich.

Die Kohlenhydrate zerfallen ihrer Zusammensetzung nach in drei Gruppen:

I. Gruppe, $C_6H_{12}O_6$; Traubenzucker (Glycose oder Dextrose), Fruchtzucker (Levulose);

II. Gruppe, $C_{12}H_{22}O_{11}$; Rohrzucker (Saccharose); Milchzucker (Lactose);

III. Gruppe, $C_6H_{10}O_5$; Dextrin, Gummi (Arabin, Bassorin); Glycogen, Stärkmehl (Amidon) und Cellulose (Holzfaser).

Die Gruppen I und II umfassen die sogen. Zuckerarten. Die weniger wichtigen Glieder sind hier nicht mit aufgezählt.

Die hier genannten Kohlenhydrate finden sich fertig gebildet zumeist in Pflanzen, einzeln auch in Thierstoffen. Durch Säuren werden die Glieder der beiden letzten Gruppen mehr oder weniger leicht in Traubenzucker oder Fruchtzucker verwandelt. Milchzucker liefert hierbei Galactose, welche in die erste Gruppe gehört.

Nur Traubenzucker, Fruchtzucker und Galactose sind direct gährungsfähig; andere Kohlenhydrate können ebenfalls die Gährung erleiden, verwandeln sich aber hierbei zunächst in eine der drei ersten Zuckerarten.

Traubenzucker, Fruchtzucker und Galactose reduciren eine alkalische Lösung von Kupferoxyd und scheiden Kupferoxydul daraus ab. Milchzucker wird zwar ebenso, aber wohl nur nach vorgängiger Umwandlung, in Galactose zersetzt, was durch die alkalische Kupferlösung ebenso bewirkt werden kann, wie durch Säuren.

a) Traubenzucker, $C_6H_{12}O_6$, ist fertig gebildet in den süssschmeckenden Früchten enthalten. Ferner ist er Bestandtheil des Honigs sowie in geringer Menge des Blutes, bei Diabetes wird er im Harn in oft reichlicher Menge abgeschieden. Er ent-

steht bei der Zersetzung einer grossen Anzahl von Pflanzenstoffen, welche man unter dem Namen der Glucoside zusammenfasst.

Einige Glucoside liefern bei ihrer Zersetzung durch Säuren Alkalien oder Ferment und fermentartige Körper, dem Traubenzucker sehr nahe stehende Zuckerarten, die meistens mit diesem verwechselt werden; auch ist keineswegs gesagt, ob in den zur Zersetzung kommenden Glucosiden Traubenzucker oder eine andere Zuckerart enthalten ist, da bei den Bedingungen, unter denen die Zersetzung der Glucoside vor sich geht, auch eine Umwandlung vieler anderer Zuckerarten in Traubenzucker vollzogen wird, weshalb der aus einem Glucosid abgeschiedene Zucker sich sogleich in Traubenzucker oder eine andere Zuckerart der ersten Gruppe verwandeln wird.

Der Traubenzucker krystallisirt schwierig. Seine Lösung dreht die Polarisationsebene des Lichtes um so mehr nach rechts, je concentrirter dieselbe ist.

Mit einigen Basen verbindet sich der Traubenzucker, z. B. mit Barythydrat zu ($4C_6H_{12}O_6 + 3Ba(OH)_2$). Eine Verbindung des Traubenzuckers mit Chlornatrium ($4C_6H_{12}O_6 + 2NaCl + 3H_2O$) krystallisirt in schönen regelmässigen Formen. Durch Salpetersäure wird er in Zuckersäure verwandelt, gleichzeitig entstehen Weinsäure und Oxalsäure.

Durch Basen wird er in wässeriger Lösung bei Luftzutritt zersetzt, indem sich die Lösung bräunt. Bei Ausschluss der Luft liefert er unter Einwirkung starker Basen Glucinsäure, $C_{12}H_{18}O_9$.

Eine wässerige Lösung von Traubenzucker successive mit Chlor und Silberoxyd behandelt, liefert die einbasische Gluconsäure, $C_6H_{12}O_7$. Der Traubenzucker ist der gährungsfähigste Zucker. Bei alkoholischer Gährung zerfällt er in Alkohol und Kohlensäure, die schleimige Gährung erzeugt Milchsäure und Mannit neben anderen Producten, die Buttersäuregährung führt ihn in Buttersäure und andere Producte über. Interessant ist, dass bei der alkoholischen Gährung ein kleiner Theil, etwa 5 % der ganzen Zuckermenge, Glycerin und Bernsteinsäure liefert.

Der Traubenzucker scheint nach seinem chemischen Verhalten in die Klasse der Aldehyde zu gehören, er steht denn auch zu dem sechssäurigen Mannit in derselben Beziehung wie der Aldehyd zum Alkohol, was aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

C_2H_4O (Aldehyd) $C_6H_{12}O_6$ (Traubenzucker)
C_2H_6O (Alkohol) $C_6H_{14}O_6$ (Mannit).

Der Traubenzucker ist jedoch noch Alkohol, da er noch fünf Alkoholhydroxyle enthält. Hiernach können wir ihm die Structurformel

```
CH2—CH—CH—CH—CH—CO
|   |   |   |   |   |
OH  OH  OH  OH  OH  H
```

geben, woraus sich die Formel des Mannits ableitet

```
CH2—CH—CH—CH—CH—CH2
|   |   |   |   |   |
OH  OH  OH  OH  OH  OH.
```

Es erstreckt sich also die Aldehydbildung nur auf $ӨH_2ӨH$ des Mannits, die anderen Hydroxyle desselben verbleiben unverändert. Aetherartige Verbindungen des Traubenzuckers, in denen er die Rolle eines Alkohols spielt, sind bekannt.

Das Verhalten des Traubenzuckers gegen alkalische Kupferoxydlösung kann sowohl zur Nachweisung als auch zur quantitativen Bestimmung desselben angewendet werden.

Setzt man zu einer Lösung von Traubenzucker Kalilauge und dann etwas schwefelsaures Kupferoxyd, so löst sich der zuerst entstehende Niederschlag von Kupferoxydhydrat wieder auf und die Lösung färbt sich beim Erwärmen rothgelb unter Ausscheidung von Kupferoxydul (Trommersche Zuckerprobe).

Zur quantitativen Bestimmung bereitet man sich zuerst eine Lösung von Kupfervitriol und Seignettesalz (im Verhältniss 1 : 4) in Natronlauge und Wasser, stellt den Titer auf reine Traubenzuckerlösung und giebt ihm annähernd eine solche Concentration, dass 1000 CC. durch 5 Grm. Traubenzucker reducirt werden. Mit dieser Lösung (Fehling's Lösung) bestimmt man den Zuckergehalt einer Flüssigkeit in der Art, dass man 10 CC. derselben in einer Schale auf dem Wasserbade erwärmt und aus einer Bürette so lange von der betreffenden Flüssigkeit zufliessen lässt, bis alles Kupferoxyd reducirt und als Kupferoxydul abgeschieden ist, was daran zu erkennen, dass die Flüssigkeit entfärbt wird.

b) Fruchtzucker, $Ө_6H_{12}Ө_6$, ist neben Traubenzucker im Honig enthalten. Rohrzucker zerfällt beim Behandeln mit Säuren in Traubenzucker und Fruchtzucker. Er ist nicht krystallisirbar. Seine Lösung dreht die Polarisationsebene des Lichtes nach links, er ist also linksdrehend. Er reducirt Kupferoxyd wie der Traubenzucker.

c) Rohrzucker, $Ө_{12}H_{22}Ө_{11}$, ist in dem Safte des Zuckerrohrs und der Runkelrüben, sowie im Safte des Zuckerahorns und der Palmen enthalten. Der Rohrzucker bildet als Hutzucker kleine Krystalle, als Candiszucker schön ausgebildete, meist etwas gelblich gefärbte Krystalle. Beim Erhitzen auf 200° C. verwandelt er sich in Caramel und in höherer Temperatur in eine bitter schmeckende Substanz. Er bildet mit Alkalien, alkalischen Erden und anderen Basen in Wasser lösliche Verbindungen. Mit Kochsalz liefert er eine schwierig krystallisirende Verbindung. Concentrirte Salpetersäure verwandelt ihn in Zuckersäure. Der Rohrzucker ist rechtsdrehend. Eine Bestimmung des Rohrzuckers mit Hülfe seines optischen Verhaltens werden wir im physikalischen Theil kennen lernen.

d) Milchzucker, $Ө_{12}H_{22}Ө_{11}$, ist in der Thiermilch enthalten, aus welcher er nach Abscheidung des Caseïns durch Ein-

dampfen krystallisirt erhalten wird. Er reducirt alkalische Kupferlösung; ist rechtsdrehend.

e) Dextrin, $C_{12}H_{10}O_5$, kommt im Pflanzenreiche für sich oder mit verdünnten Säuren, jedoch nicht sehr häufig vor; entsteht beim Erhitzen der Stärke und bildet eine amorphe gummiartige Masse. Säuren verwandeln ihn in Traubenzucker.

f) Stärke, Amidon, Amylum, $C_{12}H_{10}O_5$, ist sehr verbreitet im Pflanzenreich. Sie findet sich in mikroskopischen Körnern in den Pflanzenzellen abgelagert.

Die Stärke ist in kaltem Wasser unlöslich. Mit heissem Wasser bildet sie einen Kleister. In Alkohol und Aether ist sie ebenfalls unlöslich. Mit Jod bildet sie eine intensiv blaue Verbindung, welche durch Erhitzen gegen 100° C. zerstört wird.

Die blaue Jodstärke ist in Wasser etwas löslich, weshalb eine blaue Flüssigkeit entsteht, sobald Jod in eine stärkehaltige Flüssigkeit gebracht wird. Bei grösseren Mengen bildet sich jedoch ein blauer Niederschlag (empfindlichstes Reagens auf Jod und auf Stärke). Durch sehr verdünnte Säure wird die Stärke zuerst in Dextrin und weiter in Traubenzucker verwandelt. Durch Diastas wird sie zuerst in eine in Wasser lösliche Stärke überführt, verwandelt sich aber weiter in Dextrin und Traubenzucker.

Das Lichenin, $C_6H_{10}O_5$, wird aus dem isländischen Moos und einigen Lichenarten dargestellt (daher Moosstärke genannt).

Das Inulin, $C_6H_{10}O_5$, findet sich in den Wurzelknollen der Georginen, in der Alantwurzel, den Erdäpfeln und der Cichorienwurzel. Seine wässerige Lösung ist linksdrehend. Durch Säuren wird es in linksdrehenden Zucker verwandelt.

Xyloïdin ist ein durch Einwirkung von concentrirter Salpetersäure auf Stärke erhaltenes Product; es ist ein in Wasser, Alkohol und Aether unlösliches, in Salzsäure und Salpetersäure lösliches Pulver, dessen Zusammensetzung durch die Formel $C_6H_9NO_2O_9$ ausgedrückt wird, wonach es ein Nitrosubstitutionsproduct der Stärke ist. Es zersetzt sich in der Wärme unter Detonation.

Gummi (Arabin), $C_6H_{10}O_5$, fliesst als concentrirte Auflösung aus manchen Bäumen aus, wonach er von selbst zu durchsichtigen amorphen Massen erhärtet. Der Gummi ist in Wasser ganz löslich und bildet dann eine dicke klebrige Flüssigkeit (Mucilago). Durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure wird er allmälig in Traubenzucker verwandelt. Concentrirte Salpetersäure oxydirt ihn zu Schleimsäure, Zuckersäure, Weinsäure und Oxalsäure.

Bassorin, Pflanzenschleim, steht dem Gummi sehr nahe und liefert mit Salpetersäure dieselben Oxydationsproducte.

Cellulose (Holzfaser), $C_6H_{10}O_5$, ist das Material der Zellenwände sämmtlicher Pflanzen. Eine reine Cellulose kann man leicht aus Filtrirpapier erhalten, wenn man dieses mit verdünnter Säure

und verdünnter Kalilauge eine kurze Zeit digerirt. Das einzige Lösungsmittel der Cellulose ist eine Auflösung von Kupferoxyd in Ammoniak, woraus durch Säuren die Cellulose wieder als weisser amorpher Niederschlag gefällt wird. Die Cellulose liefert beim längeren Behandeln mit Schwefelsäure unter Auflösung Dextrin, welches beim Erwärmen der Lösung in Traubenzucker übergeht.

Das bei der einige Minuten langen Behandlung der Cellulose (also auch der Baumwolle) mit Schwefelsäure und Salpetersäure entstehende Pyroxylin, welches man durch rasches Auswaschen reinigt, ist Trinitrocellulose, $C_6H_7(NO_2)_3O_5$. Man nennt diese Substanz Schiessbaumwolle.

Lässt man dagegen Salpeter und Schwefelsäure auf Baumwolle einwirken, so erhält man ein in Aether lösliches Product. Die ätherische Lösung hat den Namen Collodium. Dasselbe ist wahrscheinlich Dinitrocellulose, $C_6H_8(NO_2)_2O_5$.

Die hier unter dem Namen der Kohlenhydrate beschriebenen Körper sind ihrer chemischen Constitution nach nur wenig erforscht. Nur für den Traubenzucker lässt sich mit einiger Wahrscheinlichkeit eine Formel aufstellen (pag. 443), während die übrigen Körper unerklärt sind. Die Verwandlungen der einzelnen Körper in Traubenzucker oder Fruchtzucker durch Einwirkung von Säuren oder Alkalien geschieht meist unter Spaltung bei gleichzeitiger Aufnahme von Wasser. Wir könnten darnach die Körper der Gruppe II als Anhydride auffassen oder als Aether, welche ja gleichfalls unter Aufnahme von Wasser eine Spaltung erleiden (siehe pag. 367—368). Wenn nun nach den Betrachtungen über die Constitution des Traubenzuckers dieser als ein Alkoholaldehyd anzusehen ist, so könnten die Zuckerarten der Gruppe II als Aether analog dem gewöhnlichen Aether oder dem Aethylmethyläther (pag. 436) anzusprechen sein, und zwar dem letzteren analog, wenn sie, wie z. B. der Rohrzucker, zwei verschiedene Spaltungsproducte, nämlich Traubenzucker und Fruchtzucker liefern.

Die Kohlenhydrate der Gruppe III sind wohl ebenso zu betrachten, wir würden jedoch dann die Formeln einiger zu verdoppeln, andere, z. B. der Stärke, zu verdreifachen haben, indem dieselbe bei der Behandlung mit verdünnten Säuren stets Dextrin und Traubenzucker und zwar im Molecülverhältniss 2 : 1 liefert, woraus folgt, dass sich ein Molecül Stärke aus zwei Molecülen Dextrin und einem Molecül Traubenzucker unter Anhydridbildung zusammengesetzt hatte.

Der Grund der Isomerie dieser Körper ist noch nicht aufgeklärt, insofern die Constitution der einzelnen Zuckerarten und der anderen Kohlenhydrate nicht angegeben werden kann und es ferner nicht aufgeklärt ist, ob die hier vorliegende Isomerie Isomerie im engeren Sinne, Metamerie oder Polymerie ist.

Sorbin, $C_6H_{12}O$, und Inosit ($C_4H_{12}O_6 + 2H_2O$) sind zwei den Zuckerarten verwandte Körper, die übrigens nicht gährungsfähig sind und auch nicht in gährungsfähige Zuckerarten verwandelt werden können.

Sorbin findet sich im Vogelbeersaft und ist krystallisirbar; Inosit kommt im thierischen Organismus, vorzugsweise im Herzmuskel vor, findet sich aber auch im Pflanzenreiche.

Wichtig ist sein Vorkommen im Harn bei Morbus Brightii; es ist krystallisirbar und schmilzt bei 210° C.

5. Reihe $C_nH_{2n}O$.

Einsäurige Alkohole, sog. ungesättigte Alkohole.

Der Allylalkohol, C_3H_6O oder C_3H_5OH, wird aus dem Glycerin dargestellt. Man bereitet daraus zunächst durch Einwirkung von Jod und Phosphor Allyljod, C_3H_5J, wandelt dieses durch oxalsaures Silberoxyd in Oxalsäureallyläther um und zersetzt diesen mit Ammoniak, indem man trocknes Gas einleitet. Der Allylalkohol kann alsdann abdestillirt werden. Er ist flüssig, mit Wasser, Weingeist und Aether mischbar, siedet bei 92°—94° C. Durch Oxydation wird er in Acroleïn und weiter in Acrysäure verwandelt.

Allyljodid, C_3H_5J, ist flüssig und siedet bei 108° C.

Allylcyanid, C_3H_5Cy, bildet eine angenehm riechende Flüssigkeit, die bei 117—118° C. siedet. Es ist im Senföl des Handels enthalten. Es wird aus dem schwarzen Senfsamen dargestellt, indem man das Silbersalz der in denselben enthaltenen Myronsäure mit Schwefelwasserstoff zersetzt.

Schwefelallyl, $(C_3H_5)_2S$, ist das ätherische Oel der Zwiebel von Allium sativum, des Knoblauchs, daher auch Knoblauchöl genannt. Es ist ein farbloses Oel, welches bei 140° C. siedet. Künstlich kann es durch Einwirkung von Allyljodid auf eine alkoholische Lösung von Schwefelkalium gewonnen werden.

Schwefelcyanallyl, ätherisches Senföl, C_3H_5CyS, kann aus den schwarzen Senfsamen erhalten werden, wenn man dieselben, nachdem sie durch Pressen vom fetten Oele befreit sind, mit Wasser einige Zeit stehen lässt und hierauf abdestillirt. Das Schwefelcyanallyl ist ein farbloses, in Wasser wenig lösliches Oel, welches bei 148° C. siedet.

Durch Ammoniak wird es in eine Base, das Thiosinnamin und durch Bleioxyd in eine andere Base, das Sinapolin verwandelt.

Ueber die chemische Structur der Allylverbindungen, welche wegen ihres Vorkommens in der Natur, als Bestandtheile aller Alliumarten, interessant sind, ist man trotz der neuesten Untersuchungen noch nicht völlig im Klaren. Das Radical derselben, Allyl C_3H_5, ist einwerthig; es muss demnach im Innern desselben einmal eine doppelte Kohlenstoffbindung vorhanden sein, da im anderen Fall ein Rest C_3H_5 dreiwerthig sein müsste, denn C_3H_8 ist der gesättigte Kohlenwasserstoff, C_3H_7 Propyl oder Isopropyl ist einwerthig, C_3H_6 Propylen zweiwerthig und C_3H_5 dreiwerthig. In der That sehen wir das Radical C_3H_5 im Glycerin auch dreiwerthig auftreten, im Allylalkohol aber einwerthig. Im Allylalkohol C_3H_5 ist also einmal doppelte Kohlenstoffverbindung und demnach kann die Structur desselben durch folgende Formeln ausgedrückt werden:

$$\begin{array}{ccc} /\!\!/CH_2 & & <CH_3 \\ \backslash\!\!\backslash CH & \text{oder} & /\!\!/CH \\ <CH_2(OH) & & \backslash\!\!\backslash CH(OH). \end{array}$$

oder

$$\left(\!\!\left(\begin{array}{l}C\\C\\C\end{array}\right.\right. \text{ und } \left(\!\!\left(\begin{array}{l}C\\C\\C\end{array}\right.\right. \text{ oder } \left\{\!\!\left\{\begin{array}{l}C\\C\\C\end{array}\right.\right. \text{ und } \left\{\!\!\left\{\begin{array}{l}C\\C\\C\end{array}\right.\right..$$

III. Säuren.

1. Reihe $C_nH_{2n}O_2$.

Einbasische Säuren.

Diese Reihe wird die Fettsäure- oder Essigsäurereihe genannt, weil die höheren Glieder derselben Bestandtheile vieler Fette sind und weil die bestuntersuchte Säure, die Essigsäure, dahin gehört. Diese einbasischen Säuren finden sich mit wenigen Ausnahmen fertig gebildet in der Natur und können künstlich durch Oxydation einsäuriger Alkohole dargestellt werden. Ferner sind viele von ihnen aus den Cyaniden einwerthiger Alkoholradicale erhalten worden, z. B. Essigsäure, Propionsäure, Baldriansäure und Capronsäure. Eine weitere interessante Bildungsweise einiger derselben ist diejenige bei Einwirkung von Kohlenoxyd auf die Kalium- oder Natriumverbindungen einwerthiger Alkohole, sowie bei Einwirkung von Kohlensäure auf die Kalium- oder Natriumverbindungen einwerthiger Alkoholradicale.

Die theoretischen Folgerungen aus diesen Synthesen sind in der Einleitung zur organischen Chemie ausführlich besprochen worden.

Die Glieder der Fettsäurereihe sind folgende:

A m e i s e n s ä u r e	$C\,H_2O_2$	Laurostearinsäure	$C_{12}H_{24}O_2$
E s s i g s ä u r e	$C_2H_4O_2$	Myristinsäure	$C_{14}H_{28}O_2$
Propionsäure	$C_3H_6O_2$	M a r g a r i n s ä u r e (Palmitinsäure)	$C_{16}H_{32}O_2$
Buttersäure	$C_4H_8O_2$		
B a l d r i a n s ä u r e	$C_5H_{10}O_2$	S t e a r i n s ä u r e	$C_{18}H_{36}O_2$
Capronsäure	$C_6H_{12}O_2$	Arachinsäure	$C_{20}H_{40}O_2$
Oenanthylsäure	$C_7H_{14}O_2$	Behensäure	$C_{22}H_{44}O_2$
Caprylsäure	$C_8H_{16}O_2$	Hyänasäure	$C_{25}H_{50}O_2$
Pelargonsäure	$C_9H_{18}O_2$	Cerotinsäure	$C_{27}H_{54}O_2$
Caprinsäure	$C_{10}H_{20}O_2$	Melissinsäure	$C_{30}H_{60}O_2$.

Die Säuren bis zu C_{10} sind über 30° C. flüssig, die höheren Glieder der Reihe sind fest. Die flüssigen Säuren sind unzersetzt destillirbar und zeigt sich hierbei die Regelmässigkeit des Siedepunktes, auf die schon pag. 386 aufmerksam gemacht wurde. Die

Diejenigen, deren Namen gesperrt gedruckt sind, sollen besonders besprochen werden.

festen Säuren sind mehr oder weniger leicht schmelzbar. Die flüssigen Säuren sowie ihre Salze sind in Wasser um so leichter löslich, je niedriger ihr Moleculargewicht ist. Die festen Säuren sind in Wasser unlöslich. Die flüssigen Säuren entstehen sämmtlich bei der Oxydation der Oelsäure mit Salpetersäure. Die Trennung der flüssigen Säuren von einander geschieht entweder durch fractionirte Destillation (bei den niederen Gliedern), oder durch partielle Fällung mit essigsaurem Baryt oder Magnesia (bei den höheren Gliedern C_6 bis C_{10}).

Die partielle Fällung wendet man auch zur Trennung der festen Säuren von einander an, wobei zu beachten ist, dass die Magnesiasalze mit höherem Kohlenstoffgehalt die schwerer löslichen sind, also zuerst niederfallen.

a) Ameisensäure, CH_2O_2, findet sich fertig gebildet in den Ameisen, in den Brennesseln und den Fichtennadeln. Sie wird am besten durch Erhitzen von Oxalsäure mit Glycerin dargestellt, wobei erstere in Kohlensäure und Ameisensäure zerfällt. Die trockene Säure wird aus dem Bleisalz durch Schwefelwasserstoff abgeschieden. Die Ameisensäure siedet bei 100° C., bei — 1° C. wird sie fest und krystallinisch.

Einige Salze der Ameisensäure, z. B. Kalk, Bleioxyd, Ammoniak, Zinkoxyd und Barytsalz krystallisiren schön. Sie werden durch Sättigen der Ameisensäure mit den kohlensauren Salzen oder den freien Basen erhalten.

b) Essigsäure, $C_2H_4O_2$, findet sich in einigen Pflanzensäften an Basen gebunden. Sie wird im Grossen dargestellt durch Oxydation verdünnten Weingeistes durch den Sauerstoff der Luft, dessen Einwirkung durch die Anwesenheit eines Fermentes bewirkt wird, wozu eine Temperatur von 20—35° C. ausreicht (Schnellessigfabrikation). Eine nicht unbeträchtliche Menge von Essigsäure wird durch trockene Destillation des Holzes gewonnen, wobei sie sich im Holztheer findet. Die reine Essigsäure (Eisessig), welche bei 0° C. zu schönen Krystallen erstarrt, wird durch Destillation von getrocknetem essigsaurem Natron mit concentrirter Schwefelsäure erhalten. Sie siedet bei 119° C. Eine verdünnte wässerige Lösung der Essigsäure, die mehr oder weniger verunreinigt ist, ist der Essig. Die Essigsäure kann nach sämmtlichen obengenannten Reactionen künstlich dargestellt werden.

Essigsaures Natron, $C_2H_3O_2Na$, krystallisirt leicht und gut mit 3 Mol. Krystallwasser, schmilzt beim Erhitzen darin und giebt es später ab, wobei es fest wird, um beim weiteren Erhitzen nochmals zu schmelzen; bei stärkerer Hitze wird es zersetzt.

Von den essigsauren Salzen ist das essigsaure Bleioxyd, Bleizucker, $(C_2H_3O_2)_2Pb$, das Wichtigste. Es wird im Grossen

durch Auflösen von Bleiglätte in destillirtem Essig dargestellt. Es krystallisirt in grossen schönen Prismen.

Kocht man eine Lösung von Bleizucker mit Bleioxyd, so löst sich das letztere darin auf und es werden je nach dem Mengenverhältniss zwei verschiedene Verbindungen erhalten, nämlich:

Halbessigsaures Bleioxyd und *drittelessigsaures Bleioxyd*, welche basische Salze sind und deren Lösungen *Bleiessig* genannt werden. Kohlensäure fällt aus den Lösungen dieser Salze einen grossen Theil des Bleis als kohlensaures Salz.

Mit Kupferoxyd bildet die Essigsäure ebenfalls mehrere Salze, von denen der *destillirte Grünspan* wichtig ist. Der gewöhnliche Grünspan ist ein Gemenge mehrerer basischer Salze, welches entsteht, wenn Kupfer in Berührung mit Essig und Luft sich befindet. Das Metall überzieht sich sehr bald mit einer grünen Schicht, welche abgeklopft wird, um der Luft neue Wirkung auf das Kupfer zu gestatten.

Eine Doppelverbindung von essigsaurem Kupferoxyd mit arsenigsaurem Kupferoxyd ist das *Schweinfurter Grün*.

Essigsäureäthyläther, *Essigäther*, $C_4H_8O_2$ oder $C_2H_3O_2\,C_2H_5$ oder $C_2H_5O\,C_2H_3O$, entsteht beim Zusammenbringen von Weingeist mit Essigsäure und schwachen Erwärmen. In reichlicher Menge entsteht er bei der Destillation von essigsaurem Natron mit einem Gemisch von Alkohol und Schwefelsäure. Der Essigäther ist eine farblose Flüssigkeit von angenehmem Geruch, die bei 74° C. siedet; in Wasser unlöslich. Mit Chlorcalcium giebt er eine krystallisirende Verbindung, die bei 100° C. schon den Essigäther abgiebt. Durch freie und kohlensaure Alkalien wird er zersetzt in Essigsäure und Alkohol; auch schon bei längerer Berührung mit Wasser nimmt er in Folge einer theilweisen Zersetzung eine saure Reaction an.

Essigsäureglycoläther, $C_4H_8O_3$ oder $C_2H_4\begin{cases}OH\\OC_2H_3O\end{cases}$, leitet sich von Aethylenalkohol ab. Er wird als farblose, bei 182° C. siedende, mit Wasser und Weingeist mischbare Flüssigkeit, beim Erhitzen von Aethylenbromid mit einer alkoholischen Lösung von essigsaurem Kali erhalten. Zur Reinigung wird das erhaltene Product fractionirt destillirt. Mit Kalilauge liefert er Glycol.

Triacetin, $C_9H_{14}O_6$ oder $C_3H_5\begin{cases}OC_2H_3O\\OC_2H_3O\\OC_2H_3O\end{cases}$, entsteht beim Erhitzen von Glycerin mit Eisessig auf 250° C. Es siedet bei 280° C; ist im Oele von Evonymus europaeus enthalten.

Chlor und Brom wirken substituirend auf die Essigsäure ein und erzeugen

Monochloressigsäure, $C_2H_3Cl\Theta_2$ (fest), Dichloressigsäure, $C_2H_2Cl_2\Theta_2$ (flüssig), Trichloressigsäure, $C_2HCl_3\Theta_2$ (fest); ferner Monobromessigsäure, $C_2H_3Br\Theta_2$ (fest), und Bibromessigsäure, $C_2H_2Br_2\Theta_2$ (flüssig).

Auch Jodessigsäuren sind bekannt; sie werden aus den Aethyläthern der Bromessigsäuren mit Jodkalium gewonnen.

Das Acetylchlorid, $C_2H_3\Theta Cl$, entsteht bei Einwirkung von PCl_5 oder PCl_3 auf Essigsäure, sowie von $P\Theta Cl_3$ auf essigsaures Natron, ist flüssig und siedet bei 55 ° C. Wasser zersetzt es rasch in Essigsäure und Salzsäure.

Essigsäureanhydrid, $C_4H_6\Theta_3$ oder $C_2H_3\Theta\Theta C_2H_3\Theta$, entsteht bei der Einwirkung von Acetylchlorid auf essigsaures Natron und bildet eine farblose, bei 138 ° C. siedende Flüssigkeit.

Aldehyd, $C_2H_4\Theta$, ist das Zwischenproduct bei der Oxydation des Weingeistes zu Essigsäure. Oxydirt man mit Braunstein und verdünnter Schwefelsäure oder mit saurem chromsaurem Kali und verdünnter Schwefelsäure, so bildet sich viel Aldehyd, der nicht weiter oxydirt wird. Ebenso entsteht Aldehyd allerdings in geringer Menge, wenn man Alkohol auf Platinschwarz aufträufeln lässt.

Der Aldehyd ist flüssig, siedet bei 22 ° C., löst sich in Wasser; seine wässerige Lösung giebt mit salpetersaurem Silberoxyd und Ammoniak einen Silberspiegel, indem das durch die reducirende Wirkung des Aldehyds ausgeschiedene Silber sich glänzend auf die Glaswand niederschlägt.

Mit saurem schwefligsaurem Natron giebt der Aldehyd eine ziemlich schwer lösliche krystallisirende Verbindung. Leitet man trocknes Ammoniak in eine wasserfreie ätherische Lösung, so bilden sich Krystalle der Verbindung Aldehydammoniak, $C_2H_4\Theta NH_3$.

Unter verschiedenen Bedingungen kann sich der Aldehyd polymerisiren; so bildet sich beim Stehen desselben ein fester Körper, der schön krystallisirt und dieselbe Zusammensetzung hat; man nennt ihn Metaldehyd.

Mit PCl_5 geben Aldehyd und Metaldehyd Aethylidenchlorid, $C_2H_4Cl_2$.

Das Chloral, $C_2HCl_3\Theta$, ist dreifach gechlorter Aldehyd. Es entsteht bei der Einwirkung von Chlor auf absoluten Alkohol, oder auf Zucker oder Stärkemehl. Es ist flüssig, siedet bei 94° C. Mit Wasser bildet es eine beständigere Verbindung,

das Chloralhydrat, $C_2HCl_3\Theta\ H_2\Theta$, welches in neuerer Zeit vielfach als einschläferndes Mittel gebraucht und im Grossen dargestellt wird. Die chemischen Reactionen beider sind dieselben,

dagegen verwandelt sich das flüssige Chloral beim blossen Stehen in eine feste porzellanartige Masse, die beim Erhitzen auf 180 ° C. wieder in flüssiges Chloral übergeht. Das Chloralhydrat dagegen ist fest und verändert sich beim Aufbewahren nicht. Durch Kalilauge werden beide in ameisensaures Kali und Chloroform zersetzt nach der Gleichung: $C_2HCl_3O + KOH = KCHO_2 + CHCl_3$.

Ein dem Aldehyd nahestehender Körper ist das Aceton, C_3H_6O, welches bei der trockenen Destillation des essigsauren Kalkes als farblose, angenehm riechende, bei 56 ° C. siedende Flüssigkeit erhalten wird. In manchen Reactionen gleicht das Aceton dem Aldehyd, es bildet z. B. mit saurem schwefligsaurem Natron gleichfalls eine krystallisirende Verbindung.

Lässt man PCl_5 auf Aceton einwirken, so wird O gegen Cl_2 ausgetauscht und es entsteht Methylchloracetol, $C_3H_6Cl_2$.

Auch Aceton liefert Substitutionsproducte. Lässt man Chlor darauf einwirken, so entsteht neben Anderen Monochloraceton, C_3H_5ClO, und Perchloraceton, C_3Cl_6O.

Die chemische Structur der Essigsäure und ihrer Derivate ist vollständig erkannt. Der Säure selbst kommt die Formel: CH_3COOH zu. Dieselbe leitet sich ab aus der Formel des Aethylalkohols in folgender Weise: Wirkt Sauerstoff auf Alkohol, so entsteht zunächst eine Verbindung, die jedoch sofort Wasser abgiebt und sich in Aldehyd verwandelt, nach folgendem Schema: $CH_3CH_2OH + O = CH_3CH \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix}$; $CH_3CH \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix} = CH_3CHO + H_2O$. Die Verbindung CH_3CHO oder CH_3COH ist Aldehyd; kommt noch ein Atom Sauerstoff hinzu, so entsteht Essigsäure und zwar in derselben Weise, wie obige leicht zersetzbare Verbindung aus dem Alkohol entstanden ist, indem sich wieder ein Atom Sauerstoff zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff einschiebt, $CH_3COH + O = CH_3COOH$. Wir kommen mit dieser Betrachtung zur Constitution der Essigsäure.

Der Theil CH_3CO ist das Radical Acetyl, das einwerthig und im Acetylchlorid mit Chlor, im Aldehyd mit Wasserstoff verbunden ist, wie die Formel CH_3COH für Aldehyd zeigt. Im Essigsäureanhydrid ist an Stelle des Hydroxylwasserstoffs das einwerthige Acetyl getreten. Steht im Aldehyd an Stelle des einen Atoms Wasserstoff Methyl, so ist die Substanz Aceton, CH_3COCH_3, welche, weil zwei Methyl CH_3 darin enthalten sind, Dimethylketon genannt wird. Die Bildungsweise bei Einwirkung von Zinkmethyl auf Acetylchlorid ist der experimentelle Beweis für diese Ansicht, denn $\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\right\} Zn + 2CH_3COCl = 2CH_3COCH_3 + ZnCl_2$, wobei also Chlor durch Methyl ersetzt wird.

In den Aethern steht ein Alkoholradical an Stelle des Hydroxylwasserstoffs der Essigsäure.

c) Valeriansäure, Baldriansäure, $C_5H_{10}O_2$, findet sich fertig gebildet in der Wurzel von Valeriana und Angelica officinalis und von Athamanta Oreoselinum, ferner in den Beeren und der Rinde von Viburnum opulus und im Thran von Delphinus

globiceps. Sie wird durch Oxydation aus Fuselöl oder Amylalkohol dargestellt. Sie ist flüssig, siedet bei 175° C., löst sich viel weniger leicht in Wasser als Essigsäure, und wird aus dieser Lösung durch Salze vollständig abgeschieden. Gleichzeitig bei der Darstellung der Valeriansäure bildet sich der Aldehyd dieser Säure, das Valeral, $C_5H_{10}O$, welches mit dem gewöhnlichen Aldehyd viele Aehnlichkeit hat. Um das Valeral rein zu gewinnen, schüttelt man das Destillationsproduct zuerst mit kohlensaurem Natron, welches die gebildete Valeriansäure bindet, hierauf mit saurem schwefligsaurem Natron, worauf sich die schön krystallisirende Verbindung des Valerals mit diesem Salze bildet, aus der man das Valeral durch Destillation mit einer wässerigen Lösung von kohlensaurem Natron als eine bei 98° siedende Flüssigkeit abscheidet.

Die Aether der Valeriansäure mit Aethyl- und anderen Alkoholradicalen, sog. Obstäther, werden neuerdings vielfach in der Parfümerie angewendet. Sie werden analog dem Essigäther dargestellt.

d) Palmitinsäure, Margarinsäure, $C_{16}H_{32}O_2$, bildet neben Stearinsäure, $C_{18}H_{36}O_2$, als Glycerinäther den Hauptbestandtheil der meisten Fette. Man gewinnt beide Säuren durch Zersetzung der Fette mit Kalilauge (Verseifung). Die Kalisalze werden durch Kochsalz aus der Lösung ausgeschieden und mit Salzsäure zersetzt. Die Säuren werden von einander durch partielle Fällung getrennt.

Margarinsäure schmilzt bei 62° C., Stearinsäure bei 69,2° C. Beide sind in Alkohol löslich.

Durch Erhitzen mit Glycerin kann man die Fette künstlich darstellen. Es entstehen dabei jedoch auch noch andere Aether.

Stearinsäureglycerinäther sind: Monostearin, $C_3H_5\begin{cases}OC_{18}H_{35}O\\OH\\OH\end{cases}$,

Distearin, $C_3H_5\begin{cases}OC_{18}H_{35}O\\OC_{18}H_{35}O\\OH\end{cases}$, Tristearin, $C_3H_5(OC_{18}H_{35}O)_3$.

Ebenso sind die Glycerinäther der Margarinsäure constituirt.

Die anderen Glieder der Fettsäurereihe sind: Propionsäure, entsteht durch Oxydation aus dem Metaceton, welches aus Rohrzucker durch Destillation mit viel Kalk erhalten wird; Buttersäure ist in der Butter und anderen thierischen Stoffen, in der Fleischflüssigkeit und im Johannisbrod fertig gebildet; Capronsäure, Caprylsäure und Caprinsäure sind in der Butter und anderen Fetten enthalten, die Capronsäure findet sich in einigen Pflanzen, Capryl- und Caprinsäure im Weinfuselöl, sie schmelzen bei 5° C., 14° C. und 27° C.; Pelargonsäure, im flüchtigen Oel von Pelargonium roseum enthalten, entsteht durch Oxydation der Oelsäure und des Rautenöls; Myristinsäure ist im Wallrath; Arachinsäure im Erdnussöl; Behensäure im Fett der Nüsse von Moringa nux Behen; Hyänasäure in den Analdrüsen

der Hyaena striata; Cerotinsäure im Bienenwachs frei, im chinesischen Wachs als Ceryläther.

Einige dieser Säuren haben Isomere, welche bis jetzt nur künstlich dargestellt worden sind. So kennt man eine Isobuttersäure, eine Isobaldriansäure und eine Isocapronsäure. Diese Säuren hat man aus Essigäther auf Umwegen dargestellt. Behandelt man Essigäther mit Natrium, so entstehen unter Wasserstoffentwicklung Verbindungen von der Formel $CH_2NaCOOC_2H_5$ und $CHNa_2COOC_2H_5$, welche mit Methyljodid oder Aethyljodid oder beiden zugleich einfach oder zweifach methylirten oder äthylirten Essigäther liefern. So entsteht bei Einwirkung von Aethyljodid auf $CHNa_2COOC_2H_5$, Diäthylessigäther, der mit Kalilauge die Diäthylessigsäure, $CH(C_2H_5)_2COOH$, oder Isocapronsäure liefert. Die Isomerie der Säuren geht also wie bei den Alkoholen auf die Isomerie der in ihnen mit $COOH$ verbundenen Alkoholradicale zurück.

2. Reihe $C_nH_{2n}O_3$.

Einbasische Alkoholsäuren.

Milchsäurereihe.

Die Säuren dieser Reihe stehen zu den Säuren der vorigen Reihe in einer einfachen genetischen Beziehung, insofern die Glieder der Essigsäurereihe leicht in die Glieder der Milchsäurereihe von gleichem Kohlenstoffgehalt und umgekehrt verwandelt werden können.

Die Säuren dieser Reihe sind:

Glycolsäure	$C_2H_4O_3$	Valylmilchsäure	$C_5H_{10}O_3$
Milchsäure	$C_3H_6O_3$	Leucinsäure	$C_6H_{12}O_3$
Butyllactinsäure	$C_4H_8O_4$	Oenanthmilchsäure	$C_7H_{14}O_3$

und eine Anzahl isomerer Säuren.

Diese Säuren werden auf Grund ihrer Beziehungen zu den Gliedern der Essigsäurereihe als **Oxysäuren** dieser letzteren bezeichnet.

Durch indirecte Oxydation lassen sich in der That einige Glieder der Essigsäurereihe in die entsprechenden Glieder der Milchsäurereihe verwandeln, und umgekehrt liefern die letzten bei der Behandlung mit concentrirter Jodwasserstoffsäure Glieder der Essigsäurereihe durch Reduction. Diese Säuren entstehen ferner durch unvollständige Oxydation zweisäuriger Alkohole; so liefert der Aethylenalkohol bei einer bestimmten Oxydationswirkung Glycolsäure.

Der Verlauf der Oxydation eines zweisäurigen Alkohols ist theoretisch wichtig, wir wollen ihn daher etwas genauer betrachten.

$\begin{matrix} CH_2OH \\ CH_2OH \end{matrix}$ enthält zweimal die bei der Oxydation der Alkohole veränderte Gruppe CH_2OH, welche hierbei zuerst in COH und dann in $COOH$ übergeht; es sind deshalb folgende Producte möglich:

$ΘH_2ΘH$ $ΘH_2ΘH$	$CΘH$ $ΘH_2ΘH$ unbekannt	$CΘΘH$ $ΘH_2ΘH$ Glycolsäure	
	$CΘH$ $CΘH$ Glyoxal	$CΘ\ H$ $CΘΘH$ Glyoxylsäure	$CΘΘH$ $CΘΘH$ Oxalsäure.

Die Oxalsäure ist demnach das Endproduct der Oxydation, während Glycolsäure entstanden ist, indem nur ein $ΘH_2ΘH$ oxydirt wurde. In der Glycolsäure ist demnach noch ein $ΘH_2ΘH$, also ein Alkoholrest enthalten, weshalb man sie als Alkoholsäure bezeichnet. Dem entsprechend leitet sich die Fleischmilchsäure vom Propylenalkohol ab. Durch Oxydation werden, wie aus obiger Zusammenstellung ersichtlich, diese Alkoholsäuren in zweibasische Säuren verwandelt.

a) **Milchsäure**, $C_3H_6Θ_3$ oder $C_3H_5Θ_3H$, findet sich im Magensaft und verschiedenen Pflanzenextracten, auch ist sie in der sauren Milch enthalten.

Ferner ist sie Bestandtheil vieler gegohrenen sauren Flüssigkeiten, z. B. des Sauerkrautwassers, denn sie entsteht bei einer gewissen Gährung des Zuckers, welche Bildung zur Darstellung der Säure angewendet wird, indem man Zucker mit faulem Käse, geschlämmter Kreide und Wasser bei 20 bis 30° C. einige Tage stehen lässt. Den gebildeten milchsauren Kalk zerlegt man mit Schwefelsäure.

Die Milchsäure bildet nach dem Abdampfen ihrer wässerigen Lösung einen Syrup.

Das milchsaure Zinkoxyd krystallisirt mit 3 Mol. Krystallwasser und ist viel schwerer löslich als das fleischmilchsaure Zinkoxyd.

Beim Erhitzen auf 130° C. geht die Milchsäure in **Milchsäureanhydrid**, eine feste, gelbliche Masse über, welche die Formel $C_6H_{10}Θ_5$ hat und bei weiterem Erhitzen bis 260° C. sich in **Lactid**, $C_3H_4Θ_2$, verwandelt.

Dieses Lactid ist das eigentliche Anhydrid, und das erstere nur ein intermediäres (siehe pag. 406).

Fleischmilchsäure, $C_3H_6Θ_3$, findet sich in freiem Zustande in den Muskeln, nachdem die Todtenstarre eingetreten ist, und in der Galle. Sie wird durch Extraction von zerhacktem Fleisch mit kaltem Wasser, Sättigen der Lösung mit Baryt, Abscheiden des gelösten Albumins durch Kochen, Fällen des Baryts durch Schwefelsäure und Eindampfen der filtrirten Lösung als eine syrupdicke Flüssigkeit erhalten.

Ihr Zinksalz krystallisirt mit 2 Mol. Krystallwasser und ist in Wasser und Alkohol leicht löslich. Bei vorsichtiger Oxydation mit Chromsäure liefert sie die zweibasische Malonsäure.

Die anderen Glieder der Milchsäurereihe sind entweder weniger wichtig oder weniger genauer untersucht, weshalb sie hier um so mehr übergangen

werden können, als sie in ihren theoretischen Beziehungen nichts Neues bieten.

Betrachten wir nun die Isomerie der beiden Milchsäuren, so gelangen wir für die Fleischmilchsäure zur Formel $\begin{matrix}\mathrm{CH_2COOH}\\ \mathrm{CH_2OH}\end{matrix}$ und für die Milchsäure zur Formel $\begin{matrix}\mathrm{CH}\\ \mathrm{CH_3}\end{matrix}\begin{cases}\mathrm{OH}\\ \mathrm{COOH}.\end{cases}$

Eine Synthese der Milchsäure, welche auf ihre Structur ein klares Licht wirft, ist schon pag. 377 mitgetheilt worden; wir ersehen daraus, dass sie sich vom Aldehyd ableitet; analog kann die Fleischmilchsäure aus dem Aethylenoxyd dargestellt werden, und es wird daher der Unterschied beider Milchsäuren in der verschiedenen Structur von Aldehyd und Aethylenoxyd zu suchen sein; Aldehyd hat die Formel $\begin{matrix}\mathrm{CHO}\\ \mathrm{CH_3}\end{matrix}$ und Aethylenoxyd $\begin{matrix}\mathrm{CH_2}\\ \mathrm{CH_2}\end{matrix}\mathrm{O}$, die sich in die davon derivirenden Milchsäuren übertragen, wie aus obigen Formeln ersichtlich. Somit ist zur Unterscheidung beider Säuren auch die Bezeichnung Aethylidenmilchsäure für die gewöhnliche Milchsäure am Platz, insofern man den Aldehyd als Aethylidenoxyd bezeichnet, was mit seiner Verwandlung in Aethylidenchlorid $\mathrm{C_2H_4Cl_2}$ durch Phosphorchlorid zusammenhängt.

Die gewöhnliche Milchsäure steht zur Chlorpropionsäure in einfacher Beziehung, indem beide in einander verwandelt werden können. Die Chlorpropionsäure hat die Formel $\begin{matrix}\mathrm{CH}\\ <\mathrm{CH_3}\end{matrix}\begin{cases}\mathrm{Cl}\\ \mathrm{COOH}\end{cases}$ und geht in Milchsäure über, indem Cl durch OH ersetzt wird. Umgekehrt erhält man Chlorpropionsäure aus Milchsäure (siehe pag. 364 und 366).

Die gewöhnliche Milchsäure kann durch Einwirkung von salpetriger Säure auf Alanin erhalten werden, genau analog der Bildung der Glycolsäure aus Glycocoll (siehe pag. 368) und der Leucinsäure aus Leucin. Diese drei genannten stickstoffhaltigen Körper stehen unter einander in derselben Beziehung wie die Glycolsäure, Milchsäure und Leucinsäure, und ihrerseits wieder zu den Fettsäuren und ihren Substitutionsproducten wie aus nachstehender Uebersicht ersichtlich:

$\mathrm{CH_3COOH}$ Essigsäure	$\mathrm{CH_2}\begin{cases}\mathrm{Cl}\\ \mathrm{COOH}\end{cases}$ Monochloressigsäure	$\mathrm{CH_2}\begin{cases}\mathrm{NH_2}\\ \mathrm{COOH}\end{cases}$ Glycocoll	$\mathrm{CH_2}\begin{cases}\mathrm{OH}\\ \mathrm{COOH}\end{cases}$ Glycolsäure
$<\begin{matrix}\mathrm{CH_2COOH}\\ \mathrm{CH_3}\end{matrix}$ Propionsäure	$<\begin{matrix}\mathrm{CH}\\ \mathrm{CH_3}\end{matrix}\begin{cases}\mathrm{Cl}\\ \mathrm{COOH}\end{cases}$ Monochlorpropionsäure	$<\begin{matrix}\mathrm{CH}\\ \mathrm{CH_3}\end{matrix}\begin{cases}\mathrm{NH_2}\\ \mathrm{COOH}\end{cases}$ Alanin	$<\begin{matrix}\mathrm{CH}\\ \mathrm{CH_3}\end{matrix}\begin{cases}\mathrm{OH}\\ \mathrm{COOH}\end{cases}$ Milchsäure
$<\begin{matrix}\mathrm{CH_2COOH}\\ \mathrm{C_4H_9}\end{matrix}$ Capronsäure	$<\begin{matrix}\mathrm{CH}\\ \mathrm{C_4H_9}\end{matrix}\begin{cases}\mathrm{Cl}\\ \mathrm{COOH}\end{cases}$ Chlorcapronsäure	$<\begin{matrix}\mathrm{CH}\\ \mathrm{C_4H_9}\end{matrix}\begin{cases}\mathrm{NH_2}\\ \mathrm{COOH}\end{cases}$ Leucin	$<\begin{matrix}\mathrm{CH}\\ \mathrm{C_4H_9}\end{matrix}\begin{cases}\mathrm{OH}\\ \mathrm{COOH}\end{cases}$ Leucinsäure.

Einige Isomeren dieser Alkoholsäuren mögen noch erwähnt werden. Behandelt man Oxalsäureäther mit Aethyljodid oder Methyljodid und Zink,

so erhält man Aether, welche bei der Behandlung mit Kalilauge Alkoholsäuren dieser Reihe liefern. Dieselben sind entstanden, indem an Stelle von einem Atom Sauerstoff im Oxaläther zwei einwerthige Alkoholradicale getreten sind; der austretende Sauerstoff sowie das Jod des Radicaljodids verbanden sich mit Zink. So hat die sogen. Diäthoxalsäure die Formel $<\genfrac{}{}{0pt}{}{C(C_2H_5)_2OH}{COOH}$ während Oxalsäure $<\genfrac{}{}{0pt}{}{COOH}{COOH}$ ist. Die empirische Formel dieser Diäthoxalsäure ist $C_6H_{12}O_3$, sie ist demnach isomer mit Leucinsäure. Die Formeln von Dimethoxalsäure und Aethmethoxalsäure sind danach leicht abzuleiten.

Zur Charakteristik der Alkoholsäuren gehört noch die Bildung ihrer Aether. Behandelt man Milchsäure mit Alkohol bei 180 °C. in einer geschlossenen Röhre, so entsteht Milchsäureäthyläther, $C_2H_4\genfrac{}{}{0pt}{}{OH}{COOC_2H_5}$, der mit Natrium unter Wasserstoffentwicklung die Verbindung Natriummilchsäureäthyläther, $C_2H_4\genfrac{}{}{0pt}{}{ONa}{COOC_2H_5}$, liefert; bei Einwirkung von Aethyljodid hierauf entsteht Aethylmilchsäureäthyläther, $C_2H_4\genfrac{}{}{0pt}{}{OC_2H_5}{COOC_2H_5}$, und Jodnatrium. Dieser Aether zerfällt beim Behandeln mit Kalilauge in Alkohol und das Kalisalz einer starken Säure, der Aethylmilchsäure, $C_2H_4\genfrac{}{}{0pt}{}{OC_2H_5}{COOH}$. Die Verschiedenheit der in den Alkoholsäuren enthaltenen beiden Hydroxyle ist damit bewiesen.

Die Kohlensäure könnte als Anfangsglied dieser Reihe angesehen werden, denn ihr noch nicht dargestelltes Hydrat hat die Formel CO_2OH_2 oder $\genfrac{}{}{0pt}{}{OH}{COOH}$, woran sich Glycolsäure, $CH_2\begin{cases}OH\\COOH\end{cases}$, und Milchsäure, $C_2H_4\genfrac{}{}{0pt}{}{OH}{COOH}$, als Homologe anreihen. Als Radicale dieser Säuren bezeichnet man auch wieder den mit Hydroxyl verbundenen Theil. Das Radical der Milchsäure wäre demnach C_3H_4O Lactyl. Dieses Radical ist zweiwerthig oder zweiatomig (siehe pag. 332, Anmerk.), weshalb die Milchsäure und die anderen Säuren dieser Reihe zweiatomige Säuren genannt werden.

b) Glycerinsäure, $C_3H_6O_4$ oder $C_3H_5O_4H$ oder $C_2H_3\begin{cases}(OH)_2\\COOH\end{cases}$, ist eine einbasische, durch Oxydation des Glycerins zu bildende Säure. Sie ist nicht krystallisirbar; sehr leicht in Wasser und Alkohol löslich.

Sie ist eine Dioxysäure und leitet sich von einem dreisäurigen Alkohol als Product unvollständiger Oxydation ab.

3. Reihe $C_nH_{2n-2}O_4$.

Zweibasische Säuren.

Oxalsäurereihe.

Die Glieder dieser Reihe können aus den Cyanverbindungen zweiwerthiger Alkoholradicale dargestellt werden, indem diese die gleiche Zersetzung mit Kalilauge erleiden, wie das Aethylcyanid

bei der Umwandlung in Propionsäure. So entsteht die Bernsteinsäure aus Aethylencyanid (pag. 376) und die Brenzweinsäure aus Propylencyanid.

Das niederste Glied der Reihe, die Oxalsäure, bildet sich ganz analog aus dem freien Cyan, da dieses sich unter Wasseraufnahme in oxalsaures Ammoniak verwandelt. Einige Säuren dieser Reihe kommen in der Natur fertig gebildet vor, wie Oxalsäure und Bernsteinsäure.

Die Glieder dieser Reihe sind:

Oxalsäure	$C_2H_2O_4$				
Malonsäure	$C_3H_4O_4$	Pimelinsäure	$C_7H_{12}O_4$	Adipinsäure	$C_6H_{10}O_4$
Bernsteinsäure	$C_4H_6O_4$	Korksäure	$C_8H_{14}O_4$	Fettsäure	$C_{10}H_{18}O_4$
Brenzweinsäure	$C_5H_8O_4$	Lepargylsäure	$C_9H_{16}O_4$	Brenzölsäure	$C_{10}H_{18}O_4$
Lipinsäure	$C_5H_8O_4$	Azelaïnsäure	$C_9H_{16}O_4$	Rocellsäure	$C_{17}H_{32}O_4$.

a) Oxalsäure, Kleesäure, $C_2H_2O_4$ oder $C_2O_4H_2$ oder $<^{COOH}_{COOH}$. Die Oxalsäure findet sich als Kalisalz in den Oxalisarten, als Kalksalz in vielen Pflanzen, z. B. in der Rhabarberwurzel und in den Flechten in Krystallen abgeschieden, im Harn (manche Harnsteine bestehen daraus), als Ammoniaksalz im Guano, als Natronsalz in Salicornia und Salsola.

Die Oxalsäure bildet sich bei sehr vielen chemischen Processen, namentlich bei der Oxydation organischer Stoffe mit Salpetersäure. So wird die Oxalsäure beim Erhitzen von Zucker mit Salpetersäure gebildet. Auch durch Schmelzen von Holzfaser mit Natronhydrat wird die Oxalsäure jetzt häufig dargestellt. Zunächst bildet sich hierbei oxalsaures Natron, welches durch Säuren zersetzt wird. Theoretisch interessant ist ihre Bildung aus Aethylenalkohol (pag. 455) und aus Cyan (siehe oben).

Die Oxalsäure ist in Wasser leicht, in Weingeist etwas schwerer löslich und krystallisirt mit 2 Mol. Krystallwasser. Beim Erhitzen schmilzt sie in diesem Wasser, giebt dann das Krystallwasser ab und zersetzt sich weiter, zuerst unter Bildung von Ameisensäure, dann in Kohlensäure, Kohlenoxyd und Wasser. Durch längeres Erhitzen mit sehr concentrirter Salpetersäure kann sie zu Kohlensäure oxydirt werden. Beim Erwärmen ihrer wässerigen Lösung mit Braunstein und Schwefelsäure entwickelt sich reichlich Kohlensäure, indem die Säure rasch oxydirt wird.

Die Oxalsäure als zweibasische Säure bildet saure und neutrale Salze. Mit Kali bildet sie jedoch drei Salze. Das neutrale Kalisalz ($C_2O_4K_2 + H_2O$) ist leicht löslich in Wasser, das saure Kalisalz ($C_2O_4HK + H_2O$) oder Sauerkleesalz ist in Wasser schwer löslich, und das sog. vierfach oxalsaure Kali (C_2O_4HK

$+ C_2O_4H_2 + 2H_2O$), welches neuerdings als Kleesalz in den Handel kommt, ist in Wasser nicht schwer löslich.

Das oxalsaure Ammoniak, wie es durch Neutralisation von Oxalsäure mit kohlensaurem Ammoniak erhalten wird, bildet lange, säulenförmige, in kaltem Wasser ziemlich schwer lösliche Krystalle von der Formel ($C_2O_4(NH_4)_2 + H_2O$).

Der neutrale oxalsaure Kalk, C_2O_4Ca, ist in Wasser unlöslich. Er scheidet sich als krystallinisches Pulver ab, beim Vermischen der Lösung von Chlorcalcium und oxalsauren Alkalien.

Von den Aethern der Oxalsäure ist der Aethyläther am wichtigsten. Der Oxalsäureäthyläther oder Oxaläther, $C_2O_4(C_2H_5)_2$, wird am einfachsten dargestellt, indem man den Dampf von absolutem Alkohol in eine auf 100° C. erhitzte Lösung entwässerter Oxalsäure in absolutem Alkohol einleitet. Durch Destillation wird der Oxaläther abgeschieden. Er ist eine farblose dicke Flüssigkeit, welche bei 186° C. siedet.

Versetzt man die weingeistige Lösung des Oxaläthers mit weingeistiger Kalilösung, so erhält man Krystalle von ätheroxalsaurem Kali, $C_2O_4KC_2H_5$, während Alkohol gebildet wird nach der Gleichung: $<\begin{matrix}COOC_2H_5\\COOC_2H_5\end{matrix} + KOH = \begin{matrix}COOC_2H_5\\COOK\end{matrix} + C_2H_5OH$.

b) Bernsteinsäure (Succinylsäure), $C_4H_6O_4$ oder $C_4H_4O_4H_2$ oder $C_2H_4\begin{cases}COOH\\COOH\end{cases}$, kommt im Bernstein, im Wermuth und im thierischen Körper fertig gebildet vor. Sie entsteht bei der geistigen Gährung des Zuckers in geringer Menge und bildet sich bei der Behandlung von Aepfelsäure und Weinsäure mit concentrirter Jodwasserstoffsäure (pag. 358). Ferner bildet sich die Bernsteinsäure bei der Behandlung von Maleïn- und Fumarsäure mit Natriumamalgam bei Gegenwart von Wasser (pag. 359).

Sie wird entweder aus dem Bernstein durch Erhitzen dargestellt, wobei sie destillirt, oder durch Gährung des rohen äpfelsauren Kalks. Die Säure ist in kaltem Wasser nicht leicht löslich. Sie sublimirt bei 120—130° C. und verwandelt sich allmählig unter Wasserverlust in Bernsteinsäureanhydrid, $C_4H_4O_3$.

Durch Phosphorchlorid wird die Bernsteinsäure in Succinylchlorid, $C_4H_4O_2Cl_2$, verwandelt, also in das Chlorid des zweiwerthigen Säureradicals Succinyl, $C_4H_4O_2$.

Brom wirkt bei Gegenwart von Wasser auf Bernsteinsäure und es entstehen Substitutionsproducte (pag. 352).

Die Beziehungen der Bernsteinsäure zur Aepfelsäure einerseits und Fumar- und Maleïnsäure andererseits sind sehr einfach.

Die Aepfelsäure ist Oxybernsteinsäure und steht zur Bernsteinsäure in

derselben Beziehung wie die Milchsäure zur Propionsäure. Die Fumar- und Maleïnsäure sind um zwei Atome Wasserstoff ärmer als die Bernsteinsäure, und können in diese verwandelt und leicht aus dieser dargestellt werden.

Malonsäure, wird durch Oxydation aus der Aepfelsäure und der Fleischmilchsäure gewonnen, indem sich aus ersterer Kohlenstoff als Kohlensäure abspaltet; ferner aus Essigsäure (siehe pag. 376); sie entsteht auch auf indirectem Wege aus Harnsäure. Schmilzt bei 140 ° C., zerfällt bei höherer Temperatur in Essigsäure und Kohlensäure.

Brenzweinsäure, entsteht durch trockene Destillation der Weinsäure, ferner aus Propylencyanid und auf indirectem Wege aus Citronensäure.

Lipinsäure, Adipinsäure und Pimelinsäure entstehen bei der Oxydation der Fette mit Salpetersäure.

Korksäure (Suberinsäure) bildet sich bei der Behandlung des Korks mit Salpetersäure, sowie bei der Oxydation der Margarin- und Stearinsäure mit Salpetersäure. Sie bildet lange Nadeln, die bei 140 ° C. schmelzen und bei höherer Temperatur unzersetzt sublimiren.

Lepargylsäure, Azelaïnsäure auch Anchoïnsäure genannt, bildet sich hauptsächlich bei der Behandlung des Ricinusöls mit Salpetersäure.

Fettsäure, Brenzölsäure, Sebacinsäure, entsteht in der grössten Menge bei der Oxydation der Fette, des Wallraths und der Stearinsäure mit Salpetersäure, ebenso bei der trocknen Destillation der Oelsäure neben Capronsäure, Caprylsäure und Kohlenwasserstoffen, auch bildet sie sich beim Schmelzen von Ricinusölsäure mit Kalihydrat.

Aus dem Jalappenharz entsteht die der Fettsäure isomere Ipomsäure.

Die Rocellsäure, kommt in Rocella tinctoria vor und wird daraus durch Ammoniak oder Aether ausgezogen.

4. Zweibasische Alkoholsäuren.

Aepfelsäure, Weinsäure und Homologe.

a) Aepfelsäure, $\mathrm{C_4H_6O_5}$ oder $\mathrm{C_4H_4O_5H_2}$ oder $\mathrm{C_2H_3}\begin{cases}\mathrm{OH}\\ \mathrm{COOH}\\ \mathrm{COOH}\end{cases}$.

Die Aepfelsäure ist Oxybernsteinsäure. Sie kommt sehr verbreitet in der Natur vor, theils in freiem Zustande in dem Safte der unreifen Aepfel, der unreifen Trauben, der Vogelbeeren (sorbus aucuparia) und anderen Früchten, theils als Kalisalz in den süssen Kirschen. Sie wird dargestellt aus den Vogelbeeren, bildet sich aus der Weinsäure durch Reduction mit Jodwasserstoff und aus der Bernsteinsäure durch indirecte Oxydation, sowie aus dem Asparagin durch Einwirkung von salpetriger Säure. Sie krystallisirt schwierig, ist in Wasser, Alkohol und Aether leicht löslich, schmilzt bei 83 ° C. und zersetzt sich bei höherer Temperatur unter Bildung von Fumar- und Maleïnsäure. In Berührung mit faulenden Körpern gährt sie und es entsteht Bernsteinsäure, Buttersäure, Essigsäure, Kohlensäure. Durch Reduction mit Jodwasserstoff wird sie gleichfalls in Bernsteinsäure verwandelt.

Bei der Behandlung von Bibrombernsteinsäure mit Silberoxyd und Wasser entsteht zuerst Monobromäpfelsäure, weiter Weinsäure.

Von den Salzen der Aepfelsäure ist hauptsächlich das saure Kalksalz ($(C_4H_5O_5)_2 CaH_2 + 8H_2O$) ausgezeichnet. Die neutralen Salze krystallisiren meist schlecht, die sauren Salze gut, wie z. B. das saure Kali- und Ammoniaksalz. Das neutrale Bleioxydsalz ($C_4H_4O_5Pb + 3H_2O$) schmilzt beim Erhitzen unter Wasser zu einer harzartigen Masse.

Die Aepfelsäure kommt in zwei physikalisch verschiedenen Modificationen vor, in einer optisch activen, welche die Polarisationsebene des Lichtes nach links dreht und einer optisch inactiven. Die Verschiedenheit beider Modificationen ist nicht in einer Structurverschiedenheit zu suchen, sondern es scheint hier ein Fall sogen. physikalischer Isomerie vorzuliegen, über deren Grund wir noch keine klare Vorstellung haben. Die künstlich aus Bernsteinsäure dargestellte Aepfelsäure ist optisch inactiv, wie denn überhaupt noch keine optisch activen Körper künstlich dargestellt worden sind, sondern stets nur durch höchst einfache Processe aus Naturproducten erhalten werden konnten. Die Salze der optisch activen Aepfelsäure drehen ebenfalls die Polarisationsebene des Lichtes, entweder nach rechts, oder nach links; die der inactiven sind gleichfalls inactiv.

Die Aepfelsäure ist als Alkoholsäure durch ihre Beziehung zur Bernsteinsäure charakterisirt. Ferner zeigt uns die Bildung ihrer Salze, ihrer Aether und ihrer Amide, dass das eine Hydroxyl derselben verschieden ist von den beiden anderen, welche vorwiegend leicht ihren Wasserstoff durch Metalle oder Alkoholradicale vertreten lassen, während im Gegensatz hierzu der Wasserstoff des anderen Hydroxyls durch ein Säureradical leicht vertreten werden kann.

Leitet man z. B. Salzsäuregas in eine alkoholische Lösung von Aepfelsäure bis zur Sättigung ein, so entsteht Aepfelsäureäthyläther, $C_2H_3\begin{cases}OH\\ COOC_2H_5\\ COOC_2H_5\end{cases}$, der bei der Behandlung mit Acetylchlorid in Acetyläpfelsäureäthyläther, $C_2H_3\begin{cases}OC_2H_3O\\ COOC_2H_5\\ COOC_2H_5\end{cases}$ übergeht.

Die Homologen der Aepfelsäure sind Isamalsäure, Mesamalsäure und Citramalsäure, drei isomere Säuren von der Formel $C_3H_5\begin{cases}OH\\ COOH\\ COOH\end{cases}$, welche aus zwei isomeren Chlorbrenzweinsäuren und der Citraconsäure dargestellt werden.

b) Weinsäure, $C_4H_6O_6$ oder $C_4H_4O_6H_2$ oder $C_2H_2\begin{cases}(OH)_2\\ (COOH)_2\end{cases}$.

Die Weinsäure ist Dioxybernsteinsäure. Sie ist vorzugsweise im Traubensaft enthalten. Der Weinstein, welcher sich aus jungem Wein absetzt, ist das saure Kalisalz. Die Weinsäure entsteht bei der Oxydation von Milchzucker und Gummi neben Schleimsäure, und aus der Bibrombernsteinsäure und Monobromäpfelsäure durch

Einwirkung von Silberoxyd und Wasser. Die Weinsäure wird im Grossen nur aus dem Weinstein dargestellt. Sie ist in Wasser leicht löslich, krystallisirt leicht und zersetzt sich beim Erhitzen auf 170 ° C. in die isomere Metaweinsäure, dann weiter unter Wasserverlust in die verschiedenen Anhydride.

Von den Salzen ist das saure Kalisalz, $\bar{C}_4H_4\bar{O}_6KH$, der Weinstein, am wichtigten. Derselbe ist in Wasser schwer löslich. Durch Neutralisation mit kohlensaurem Kali erhält man das leicht lösliche neutrale Kalisalz. Kocht man Weinsteinlösung mit Antimonoxyd, so löst sich letzteres auf, wenn es nicht geglüht war, und es krystallisiren nachher aus der Lösung grosse, schöne, glänzende Octaëder von Brechweinstein, Tartarus emeticus, Tartarus stibiatus, $\bar{C}_4H_4\bar{O}_6KSb\bar{O}$, mit 1 Mol. Krystallwasser, welche bei 100 ° C. ihr Krystallwasser und bei 200 ° C. noch ein Mol. Wasser verlieren und die Verbindung $\bar{C}_4H_2\bar{O}_5KSb\bar{O}$ liefern, die mit Wasser wieder in Brechweinstein übergeht.

Der Brechweinstein tauscht bei Umsetzung mit anderen Salzen nur das Kalium aus. So entsteht z. B. mit salpetersaurem Silberoxyd die Verbindung $\bar{C}_4H_4\bar{O}_6AgSb\bar{O}$.

Im Brechweinstein und der genannten Silberverbindung steht das einwerthige $Sb\bar{O}$ an Stelle von einem Atom Wasserstoff der Weinsäure.

Seignettesalz ist das Kalinatronsalz der Weinsäure, welches in schönen Krystallen von der Formel ($\bar{C}_4H_4\bar{O}_6KNa + 4H_2\bar{O}$) erhalten wird, wenn man Weinstein mit kohlensaurem Natron neutralisirt und die filtrirte Lösung verdunsten lässt.

Traubensäure ist der Weinsäure isomer und in ihrem chemischen Verhalten sehr ähnlich. Ihr Kalksalz ist in Essigsäure unlöslich, und es entsteht bei Zusatz der freien Säure zur Chlorcalciumlösung als krystallinischer Niederschlag, während das der Weinsäure in Essigsäure löslich ist. Die Traubensäure bildet sich aus einigen Sorten Trauben und scheidet sich neben Weinsäure und wie diese daraus ab.

Uebergiesst man eine Lösung von saurem traubensaurem Natron mit Ammoniak und lässt verdunsten, so bilden sich zweierlei Krystalle, die sich dadurch von einander unterscheiden, dass sie einander genau symmetrisch und nicht congruent sind. Die Salze sind gleich zusammengesetzt und haben die Formel $\bar{C}_4H_4\bar{O}_6NaNH_4$. Aus den beiden Salzen, die durch Auslesen von einander zu trennen sind, kann man zwei optisch verschiedene Weinsäuren darstellen. Nämlich die gewöhnliche Weinsäure, welche rechtsdrehend ist und deshalb Rechtsweinsäure genannt wird, und eine linksdrehende, Linksweinsäure genannte Säure. Die Lösungen beider Säuren mit einander vermischt, geben unter Wärmeentwicklung wieder die inactive Traubensäure.

Die Traubensäure ist synthetisch aus Glyoxal und Blausäure dargestellt worden nach der Formel:

$$C_2H_2O_2 + 2(CNH) + 2HCl + 4H_2O = C_4H_6O_6 + 2NH_4Cl.$$

Die Natur der Weinsäure als Alkoholsäure zeigt sich in der Beziehung zur Bernsteinsäure und in der Existenz des Diacetylweinsäureäthyläthers, $C_2H_2\begin{cases}(OC_2H_3O)_2\\(COOC_2H_5)_2\end{cases}$, welcher analog dem Acetyläpfelsäureäthyläther bei Einwirkung von Acetylchlorid auf Weinsäureäther erhalten wird.

Homologe der Weinsäure sind Itaweinsäure und Citraweinsäure, zwei isomere Säuren von der Formel $C_3H_4\begin{cases}(OH)_2\\(COOH)_2\end{cases}$, welche aus den Homologen der Aepfelsäure in analoger Weise gebildet werden, wie die Weinsäure aus der Aepfelsäure.

Als zweibasische Alkoholsäuren sind noch die beiden isomeren Säuren, Zuckersäure und Schleimsäure, $C_4H_4\begin{cases}(OH)_4\\(COOH)_2\end{cases}$, zu nennen. Die Zuckersäure entsteht durch Oxydation des Zuckers mit Salpetersäure und ist nicht krystallinisch. Die Schleimsäure bildet sich bei der Oxydation des Dulcits, Gummis, Bassorins und des Milchzuckers mit Salpetersäure. Sie ist krystallinisch.

5. Dreibasische Säure.

Tricarballylsäure.

Die Tricarballylsäure, $C_6H_8O_6$ oder $C_6H_5O_6H_3$ oder $C_3H_5\begin{cases}COOH\\COOH\\COOH\end{cases}$, entsteht bei der Behandlung des Tricyanallyls, das aus Tribromallyl und Cyankalium gewonnen wird, mit Kalilauge und kann auch durch directe Addition von Wasserstoff zur Aconitsäure erhalten werden. Sie schmilzt bei 157°—158° C.

6. Dreibasische Alkoholsäure.

Citronensäure.

Die Citronensäure, $C_6H_8O_7$ oder $C_6H_5O_7H_3$ oder $C_3H_4\begin{cases}OH\\(COOH)_3\end{cases}$, findet sich in freiem Zustande in den Citronen, in den Johannisbeeren, Stachelbeeren und Vogelbeeren; ferner an Basen gebunden im Runkelrübensafte, in den Krappwurzeln und einigen anderen Wurzeln. Sie wird aus den Citronen dargestellt, indem man deren Saft mit Kreide neutralisirt und den gebildeten ci-

tronensauren Kalk mit verdünnter Schwefelsäure zerlegt. Die Citronensäure ist in Wasser und Weingeist löslich. Sie krystallisirt mit 1 Mol. Krystallwasser, welches beim Liegen der Säure an der Luft theilweise, bei 100° C. vollständig entweicht.

Die dreibasische Säure liefert drei Reihen von Salzen. Das neutrale Kalisalz, ($C_6H_5O_7K_3 + H_2O$) krystallisirt leicht. Das neutrale Kalksalz $(C_6H_5O_7)_2Ca_3 + 2H_2O$, ist in Wasser schwer löslich; es fällt krystallinisch, wenn man eine Lösung von Citronensäure mit Kalkmilch neutralisirt und kocht.

Leitet man Salzsäure in eine weingeistige Lösung von Citronensäure, so erhält man Citronensäure-Aethyläther, $C_6H_5O_7(C_2H_5)_3$, ein schweres Oel. Der analoge Methyläther ist krystallinisch. Der Aethyläther liefert bei der Behandlung mit Acetylchlorid Acetylcitronensäureäthyläther, $C_3H_4\begin{cases}OC_2H_3O\\(COOC_2H_5)_3\end{cases}$, wodurch die Natur der Citronensäure als Alkoholsäure erwiesen ist.

Beim Erhitzen verliert die Citronensäure zuerst Wasser und es entsteht die dreibasische Aconitsäure, und aus dieser durch weiteres Erhitzen unter Austritt von CO_2 die zweibasischen isomeren Säuren, Itaconsäure und Citraconsäure $C_5H_6O_4$.

Keton- und Aldehydsäuren.

a) Brenztraubensäure, $C_3H_4O_3$ oder $C_3H_3O_3H$ oder $\begin{cases}CH_3\\CO\\COOH\end{cases}$. Sie entsteht durch trockene Destillation der Weinsäure und Glycerinsäure. Sie ist einbasisch. Wasserstoff führt sie in Milchsäure über, wodurch obige Structurformel gerechtfertigt wird. Die freie Säure ist flüssig, siedet bei 165° C.

$\begin{cases}CH_3\\CO\\CH_3\end{cases}$, Aceton, wird durch Wasserstoff in Isopropylalkohol, $\begin{cases}CH_3\\CHOH\\CH_3\end{cases}$, verwandelt, und analog die Brenztraubensäure, $\begin{cases}CH_3\\CO\\COOH\end{cases}$, in Milchsäure, $\begin{cases}CH_3\\CHOH\\COOH\end{cases}$.

b) Mesoxalsäure, $C_3H_2O_5$ oder $C_3O_5H_2$ oder $CO\begin{cases}COOH\\COOH\end{cases}$ oder $\begin{matrix}COOH\\CO\\COOH\end{matrix}$ ist eine zweibasische Ketonsäure. Sie ist ein Zersetzungsproduct der Harnsäure. Die freie Säure ist krystallisirt, schmilzt bei 115° C.

c) Glyoxylsäure und Glyoxal entstehen bei der Oxydation des Aethylalkohols, wenn man denselben sich sehr langsam mit concentrirter Salpetersäure mischen lässt.

Ihre Beziehungen zur Oxalsäure, als deren Aldehyde sie erscheinen, sind pag. 455 auseinander gesetzt worden. Die Glyoxylsäure ist Aldehydsäure, Glyoxal Aldehyd.

Säuren mit innigerer Kohlenstoffbindung.

1. Reihe $C_nH_{2n-2}O_2$.

Acrylsäurereihe.

a) Acrylsäure, $C_3H_4O_2$ oder $C_3H_3O_2H$ oder C_2H_3COOH, entsteht durch Oxydation des Acroleïns, welches als der Aldehyd dieser Säure anzusehen ist. Die Säure ist flüssig und siedet bei 100 ° C.

Acroleïn (Acrol), C_3H_4O oder C_2H_3COH, bildet sich bei der Einwirkung wasserentziehender Substanzen auf Glycerin; es ist eine farblose Flüssigkeit, die bei 52 ° C. siedet und einen durchdringenden, stechenden Geruch besitzt. Zu ihrer Darstellung erhitzt man Glycerin mit saurem schwefelsaurem Kali in einer Retorte, sättigt das Destillat mit Bleioxyd und destillirt das Acroleïn ab. Das Acroleïn reducirt Silberlösung. Wasserstoff im Entstehungszustand führt das Acroleïn in Allylalkohol über. Durch Oxydation von Allylalkohol entsteht Acroleïn.

Crotonsäure, $C_4H_6O_2$, ist im Crotonöl; Angelikasäure, $C_5H_8O_2$, in der Angelikawurzel und im Römischkamillenöl enthalten; Brenzterebinsäure, $C_6H_{10}O_2$, entsteht durch trockene Destillation der Terebinsäure; Cimicinsäure, $C_{15}H_{28}O_2$, kommt in einer Blattwanzenart vor; Hypogäasäure, $C_{16}H_{30}O_2$, in dem Oel der Früchte von Arachis hypogäa.

Oelsäure, $C_{18}H_{34}O_2$, kommt neben anderen Glyceriden als Elaïn, als Glycerinäther in fast allen Fetten, hauptsächlich in den flüssigen, vor, z. B. im Mandelöl, Baumöl, Thran. Die Oelsäure wird aus dem Mandelöl oder anderen fetten Oelen durch Verseifen gewonnen. Die Kalisalze werden durch Bleizucker gefällt und das ölsaure Bleioxyd durch Aether aufgenommen, alle anderen Bleisalze bleiben ungelöst. Die freie Säure wird aus dem Bleisalz durch Schwefelwasserstoff abgeschieden. Die Oelsäure ist flüssig, erstarrt aber bei — 4 ° C. zu Plättchen. Salpetrige Säure verwandelt sie in die isomere und krystallisirte Elaïdinsäure.

Die Oelsäure vereinigt sich leicht mit 2 At. Brom zu Oelsäuredibromid, welches bei Einwirkung von wenig alkoholischer Kalilösung in Monobromölsäure übergeht, die dann weiter

Stearolsäure liefert (siehe pag. 362). Durch Salpetersäure wird die Oelsäure oxydirt und in die Säuren der Essigsäurereihe, von der Ameisensäure bis zur Caprinsäure, und in die Säuren der Oxalsäurereihe verwandelt. Bei der trocknen Destillation liefert die Oelsäure Fettsäure (pag. 460).

Ricinusölsäure, $C_{18}H_{34}O_3$, ist im Ricinusöl enthalten und wird daraus wie die gewöhnliche Oelsäure dargestellt. Sie ist flüssig und erstarrt bei 0° C. krystallinisch. Salpetrige Säure verwandelt sie in die isomere Ricinelaïdinsäure (Palminsäure). Homolog mit dieser Säure sind Jalapinolsäure, $C_{16}H_{30}O_3$ und Convolvulinolsäure, $C_{13}H_{24}O_3$.

Leinölsäure, $C_{16}H_{28}O_2$, ist in den trocknenden Oelen, wie Leinöl und Mohnöl, enthalten; sie ist flüssig und schwach gelblich gefärbt. Sie erstarrt nicht beim Einleiten von salpetriger Säure wie die Oelsäure.

Döglingsäure, $C_{19}H_{36}O_2$, ist in Döglingthran, Erucasäure, $C_{22}H_{42}O_2$, im fetten Oel des schwarzen Senfsamens enthalten.

Alle genannten Glieder der Acrylsäurereihe liefern beim Schmelzen mit Kalihydrat Essigsäure, Wasserstoff und eine andere fette Säure. Acrylsäure giebt Essigsäure und Ameisensäure, Oelsäure Essigsäure und Margarinsäure.

Seifen und Pflaster.

Die Kali- und Natronsalze der in den natürlichen Fetten vorkommenden Säuren werden hauptsächlich Seifen genannt. Die Kaliseifen (Schmierseife) sind weich, die Natronseifen hart. Beide sind in Wasser löslich, dagegen unlöslich in Salzlösungen, sowie in sehr concentrirter Natron- oder Kalilauge. Wird eine Seifenlösung mit Kochsalzlösung versetzt, so scheidet sich die Seife ab und schwimmt oben auf. Dabei wird eine Kaliseife in Natronseife verwandelt.

Durch den Process des Verseifens werden die Seifen aus den Fetten dargestellt. Die Fette sind Aether des Glycerins und werden durch Basen, aber auch durch überhitzten Wasserdampf oder durch verdünnte Schwefelsäure beim Erhitzen unter Wasseraufnahme in Glycerin und die betreffende Säure zerlegt.

Die löslichen Seifen geben mit den Metallsalzlösungen Niederschläge von unlöslichen Seifen Die Wirkung der Seife beim Waschen beruht darauf, dass dieselbe durch viel Wasser zersetzt wird in freies Alkali und saures fettsaures Salz. Beide sind im Stande, Fett und viele andere Stoffe aufzulösen.

Als Pflaster bezeichnet man gewöhnlich die durch Kochen der natürlichen Fette oder fetten Oele mit Bleioxyd entstehenden basischen Bleioxydsalze der betreffenden Säuren. Das gewöhnliche Bleipflaster ist ölsaures Bleioxyd.

Das unter dem Namen Stearin in den Handel kommende Product ist ein Gemenge der festen fetten Säuren in verschiedenen

Verhältnissen, weshalb der Schmelzpunkt desselben sehr schwankend ist.

2. Reihe $C_nH_{2n-4}\Theta_4$.

Zweibasische Säuren.

a) Fumarsäure und Maleïnsäure, $C_4H_4\Theta_4$ oder $C_4H_2\Theta_4H_2$ oder $C_2H_2\begin{cases}C\Theta\Theta H\\ C\Theta\Theta H\end{cases}$. Die Fumarsäure kommt fertig gebildet in der Natur vor in Fumaria officinalis, in Corydalis bulbosa, Glaucium luteum, im isländischen Moos und mehreren Pilzen. Sie wird am einfachsten durch Erhitzen von Aepfelsäure auf 150° C. dargestellt; in kaltem Wasser ist sie schwer, in heissem leicht löslich. Sie nimmt leicht Br_2 oder H_2 auf und verwandelt sich in Bibrombernsteinsäure oder Bernsteinsäure. Isomer ist Maleïnsäure, welche sich vorzugsweise beim raschen Erhitzen der Aepfelsäure bildet und durch Erhitzen von Fumarsäure auf 200° C. dargestellt werden kann. Gegen Br_2 und H_2 verhält sie sich ähnlich wie die Fumarsäure. Die Maleïnsäure ist in Wasser leicht löslich.

b) Itaconsäure und Citraconsäure, $C_5H_6\Theta_4$, entstehen beim Erhitzen der Citronensäure. Sie werden mit Hülfe ihrer verschiedenen Löslichkeit in Wasser von einander getrennt. Die Itaconsäure ist in Wasser schwer löslich, schmilzt bei 161° C., die Citraconsäure ist in Wasser leicht löslich, schmilzt bei 80° C. Die mit beiden isomere Mesaconsäure entsteht beim längeren Erwärmen einer verdünnten Lösung von Citraconsäure mit verdünnter Salpetersäure und schmilzt bei 208° C.

Diese drei Säuren liefern mit Br_2 drei verschiedene Bibrombrenzweinsäuren (siehe pag. 360). Mit H_2 liefern sie Brenzweinsäure. Unterchlorige Säure addirt sich zu Citraconsäure; aus dem entstandenen Product erhält man durch Einwirkung von Wasserstoff im Entstehungsmoment die Citramalsäure (pag. 461). Itaconsäure und Mesaconsäure vereinigen sich direct mit HCl zu Ita- und Mesa-monochlorbrenzweinsäure, $C_5H_6\Theta_4 + HCl = C_5H_7Cl\Theta_4$, welche durch Kalilauge in Itamalsäure und Metamalsäure verwandelt werden.

Es ist nicht ohne Interesse, die Beziehung der vier wichtigen Pflanzensäuren, Bernsteinsäure, Aepfelsäure, Weinsäure und Citronensäure, noch einmal übersichtlich zusammen zu stellen.

$$C_3H_4\begin{cases}\Theta H\\ C\Theta\Theta H\\ C\Theta\Theta H\\ C\Theta\Theta H\end{cases} \text{ liefert } C_3H_4\begin{cases}C\Theta\Theta H\\ C\Theta\Theta H\end{cases}; \text{ diese geben } C_3H_6\begin{cases}C\Theta\Theta H\\ C\Theta\Theta H\end{cases}$$

Citronensäure — Itaconsäure-Citraconsäure — Brenzweinsäure das Homolog der Bernsteinsäure

$$C_2H_4\begin{cases}C\Theta\Theta H\\ C\Theta\Theta H\end{cases} \text{ kann über-gehen in } C_2H_3\begin{cases}\Theta H\\ C\Theta\Theta H\\ C\Theta\Theta H\end{cases} \text{ und diese in } C_2H_2\begin{cases}\Theta H\\ \Theta H\\ C\Theta\Theta H\\ C\Theta\Theta H\end{cases}$$

Bernsteinsäure — Aepfelsäure — Weinsäure

$$C_2H_3\begin{cases}OH\\COOH\\COOH\end{cases} \text{ liefert } C_2H_2\begin{cases}COOH\\COOH\end{cases}\text{; diese geben } C_2H_4\begin{cases}COOH\\COOH\end{cases}$$

Aepfelsäure — Fumarsäure, Maleïnsäure — Bernsteinsäure.

Gleichzeitig sei hier darauf aufmerksam gemacht, dass die Citronensäure noch zu einer weiteren in der Natur vorkommenden Säure in einer einfachen Beziehung steht, nämlich zur Aconitsäure, die durch rasches Erhitzen daraus erhalten werden kann.

3. Reihe $C_nH_{2n-6}O_6$.
Dreibasische Säure.

Die Aconitsäure, $C_6H_6O_6$ oder $C_6H_3O_6H_3$, kommt als Kalksalz in Aconitum Napellus, in Delphinum Consolida und Equisetum fluviatile vor. Sie wird am besten aus dem Citronensäuremethyläther mit Phosphorchlorür und Zersetzen des Productes mit Kalilauge als Kalisalz erhalten, aus welchen sie durch Schwefelsäure abgeschieden werden kann. Sie ist in Wasser, Alkohol und Aether leicht löslich, schmilzt bei 140° C., giebt beim Erhitzen Itaconsäure und Citraconsäure. Sie ist das Zwischenproduct bei der Darstellung der Itaconsäure und Citraconsäure aus Citronensäure.

4. Reihe $C_nH_{2n-4}O_2$.
Einbasische Säuren.

a) Sorbinsäure, $C_6H_8O_2$ oder $C_6H_7O_2H$ oder C_5H_7COOH, kommt in den Vogelbeeren neben Aepfelsäure vor. Sie ist fest und krystallisirbar, schmilzt bei 134,5° C.

b) Palmitolsäure, $C_{16}H_{28}O_2$ oder $C_{16}H_{27}O_2H$ oder $C_{15}H_{27}COOH$, entsteht aus der Hypogäasäure (pag. 465), indem man hierzu Br_2 bringt und das entstandene Product mit alkoholischer Kalilösung erhitzt, wobei 2HBr austritt; sie ist fest, schmilzt bei 42° C.

c) Stearolsäure, $C_{18}H_{32}O_2$ oder $C_{18}H_{31}O_2H$ oder $C_{17}H_{31}COOH$, entsteht analog der Palmitolsäure aus Oelsäure, ist fest, schmilzt bei 48° C.

5. Reihe $C_nH_{2n-6}O_3$.
Einbasische Alkoholsäure.

Brenzschleimsäure, $C_5H_4O_3$ oder $C_5H_3O_3H$ oder $C_4H_2\begin{cases}OH\\COOH\end{cases}$, entsteht bei der trocknen Destillation der Schleim-

säure; sie ist fest, schmilzt bei 134° C. Ihr Aldehyd ist das **Furfurol**, $C_4H_4\left\{\begin{matrix}\Theta H\\ C\Theta H\end{matrix}\right.$, welches bei der trocknen Destillation des Zuckers und bei der Destillation von Mehl, Kleie, Gummi mit verdünnter Schwefelsäure entsteht; es ist flüssig und siedet bei 162° C.

Uebersicht der Eintheilung der Carbonsäuren.

	1) $C_nH_{2n}\Theta_2$ Essigsäurereihe	3) $C_nH_{2n-2}\Theta_4$ Oxalsäurereihe	5) $C_nH_{2n-4}\Theta_6$ Tricarballylsäure
Alkoholsäuren	2) Milchsäurereihe	4) Aepfelsäure Weinsäure	6) Citronensäure
	1) $C_nH_{2n-2}\Theta_2$ Acrylsäurereihe	2) $C_nH_{2n-4}\Theta_4$ Fumarsäure Itaconsäure	3) $C_nH_{2n-6}\Theta_6$ Aconitsäure
	4) $C_nH_{2n-4}\Theta_2$ Sorbinsäure	$C_nH_{2n-6}\Theta_4$	$C_nH_{2n-8}\Theta_6$
	$C_nH_{2n-6}\Theta_2$	$C_nH_{2n-8}\Theta_4$	$C_nH_{2n-10}\Theta_6$
Alkoholsäuren	5) Brenzschleimsäure.		

Die Säuren der beiden ersten Horizontalreihen 1—6 sind die sog. gesättigten Säuren mit ihren Alkohol- oder Oxysäuren. Die Säuren der zweiten Horizontalreihe sind die um je H_2 ärmeren, die der dritten die um je H_4 ärmeren, von denen jedoch nur einbasische beschrieben wurden, die der vierten um je H_6 ärmeren, von denen jedoch nur eine Alkohol- oder Oxysäure zu nennen war. Die Säuren der ersten Verticalreihe sind einbasisch, die der zweiten zweibasisch, die der dritten dreibasisch.

Sulfosäuren.

Die Structur der Sulfosäuren ist in der Einleitung besprochen worden. Wir wollen hier einige der wichtigsten erwähnen.

Sulfäthylsäure oder **Aethylsulfosäure** (früher Aethyldithionsäure und äthylschweflige Säure genannt), $C_2H_5S\Theta_3H$, entsteht bei der Oxydation des Zweifachschwefeläthyls und des Mercaptans, sowie bei der Einwirkung von Aethyljodid auf neutrales schwefligsaures Natron (siehe pag. 376). Die freie Säure ist nicht krystallisirbar. Ihre Salze sind in Wasser löslich und zum Theil gut krystallisirbar.

Isäthionsäure, $C_2H_4\left\{\begin{matrix}\Theta H\\ S\Theta_3H\end{matrix}\right.$, ist die Oxysäure der vorigen und verhält sich zur Sulfäthylsäure wie die Fleischmilchsäure zur Propionsäure. Sie ist isomer mit Aetherschwefelsäure, deren Constitution durch die Formel $C_2H_5\Theta S\Theta_3H$ ausgedrückt wird; so ist in der Isäthionsäure das $S\Theta_3H$ direct, in der Aetherschwefel-

säure durch Vermittlung von Θ an den Kohlenstoff gebunden. Sie entsteht bei Einwirkung von wasserfreier Schwefelsäure auf Aether, sowie von salpetriger Säure auf Taurin, beim Kochen der Aethionsäure mit Wasser, sowie bei Einwirkung von salzsaurem Aethylenoxyd auf schwefligsaures Natron. Die freie Säure ist krystallinisch und zerfliesslich. Ihr Ammoniaksalz krystallisirt gut und liefert beim Erhitzen unter Wasserabgabe Taurin.

Aethionsäure, $\Theta_2H_4 \begin{matrix}\Theta S\Theta_3H \\ S\Theta_3H\end{matrix}$, ist die Aetherschwefelsäure der Isäthionsäure. Sie entsteht, wenn man Aethylen und wasserfreie Schwefelsäure zusammenbringt und das entstandene Carbylsulfat an der Luft zerfliessen lässt, wobei es Wasser aufnimmt.

Disulfätholsäure, $\Theta_2H_4 \begin{cases} S\Theta_3H \\ S\Theta_3H \end{cases}$, bildet sich bei Oxydation der Schwefelverbindungen des Aethylens, sowie aus Aethylenbromid mit schwefligsaurem Natron und bei der Behandlung von Aethylcyanid mit rauchender Schwefelsäure. Die freie Säure krystallisirt schlecht; ihr Bleisalz gut.

Sulfoessigsäure, (Essigschwefelsäure) $\Theta H_2 \begin{cases} \Theta\Theta\Theta H \\ S\Theta_3H \end{cases}$, entsteht aus Essigsäure bei Einwirkung wasserfreier Schwefelsäure, ihr Natronsalz aus monochloressigsaurem Natron und schwefligsaurem Natron, nach der Formel: $\Theta H_2Cl\,\Theta\Theta\Theta Na + S\Theta_3Na_2 = NaCl + \Theta H_2 \begin{cases} S\Theta_3Na \\ \Theta\Theta\Theta Na \end{cases}$. Die Säure krystallisirt.

Analog liefern viele andere Säuren noch Sulfosäuren. Die Sulfosäuren unterscheiden sich von den sauren Aethern der Schwefelsäure, mit denen sie in manchen Fällen isomer sind, dadurch, dass sie nicht wie diese durch Kochen mit Wasser zersetzt werden. Vermischt man die Lösung eines ätherschwefelsauren Salzes mit Chlorbaryum und Salzsäure, und erwärmt schwach, so entsteht ein Niederschlag von schwefelsaurem Baryt. Sulfosaure Salze werden unter gleichen Umständen nicht zersetzt.

IV. Ammoniak- und Ammonium-basen.

Die Beziehungen dieser Klasse von Körpern zu dem Ammoniak sind schon in der Einleitung (pag. 415 bis 419) geschildert worden und es bleibt nun noch die specielle Beschreibung einiger wichtiger Glieder dieser Gruppe.

1. Monamine.

a) Methylamin, $\mathrm{CH_5N}$ oder $\mathrm{CH_3NH_2}$, ist eine primäre Monaminbase (Amidbase); es entsteht bei der Zersetzung des Cyansäuremethyläthers und des Methyl- und Dimethyl-Harnstoffs durch Kali; ausserdem bildet es sich bei der Einwirkung von Wasserstoff im Entstehungsmoment, am besten aus Zink und verdünnter Salzsäure bereitet, auf Blausäure. Neben Dimethylamin und Trimethylamin bildet es sich beim Erhitzen von Methyljodid mit Ammoniak.

Das reine Methylamin ist ein farbloses Gas, das bei einigen Graden unter Null flüssig wird. Es ist leicht brennbar, wodurch es sich vom Ammoniak unterscheidet, mit dem es im Uebrigen viele Eigenschaften gemein hat. In Wasser ist es noch löslicher als Ammoniak und seine wässerige Lösung verhält sich gegen Metallsalzlösungen genau wie das wässerige Ammoniak.

Das salzsaure Methylamin, $\mathrm{CH_5NHCl}$, ist krystallisirbar, jedoch ungemein leicht in Wasser löslich. Mit Platinchlorid bildet es ein Doppelsalz, welches in schönen, goldgelben Plättchen krystallisirt, in heissem Wasser löslich und in Alkohol unlöslich ist.

b) Dimethylamin, $\mathrm{C_2H_7N}$ oder $\mathrm{(CH_3)_2NH}$, secundäre Monaminbase (Imidbase), entsteht neben Methylamin, Trimethylamin und Tetramethylammoniumjodid bei der Einwirkung von Methyljodid auf Ammoniak. Es ist eine bei 9° C. siedende Flüssigkeit.

c) Trimethylamin, $\mathrm{C_3H_9N}$ oder $\mathrm{(CH_3)_3N}$, tertiäre Monaminbase (Nitrilbase), kommt in der Natur fertig gebildet vor in der Häringslake und im Cholin, einer in der Galle und Eidotter enthaltenen Base.

Künstlich wird es dargestellt durch Einwirkung von Methyljodid auf Ammoniak, wobei es neben Methylamin, Dimethylamin und Tetramethylammoniumjodid entsteht; es ist flüssig und siedet bei 9° C.; es riecht stark nach Häringen.

d) Tetramethylammoniumverbindungen.

Jodid, $\mathrm{C_4H_{12}NJ}$ oder $\mathrm{(CH_3)_4NJ}$. Jodid einer Ammoniumbase. Es entsteht gleichzeitig neben den oben genannten Basen beim Erhitzen von Methyljodid mit Ammoniak; beim Erkalten der Reactionsmasse scheiden sich Krystalle des Jodids aus. Erwärmt man das Jodid mit Silberoxyd und Wasser, so wird die Base in Freiheit gesetzt. Die wässerige Lösung reagirt stark alkalisch und lässt sich auf dem Wasserbad concentriren. Beim nachherigen Verdunsten über Schwefelsäure erstarrt sie zu einer Krystallmasse von Tetramethylammoniumoxhdydrat, $\mathrm{(CH_3)_4NOH}$, die sich beim Erhitzen unter Entwicklung von Trimethylamin zersetzt. Die freie Base bildet mit Säure sehr leicht lösliche krystallisirende Salze.

Die gebräuchlichste Methode der Darstellung der Amine ist die Zersetzung der Chloride, Bromide oder Jodide der Alkoholradicale durch Ammoniak. Hierbei entstehen jedoch gleichzeitig die Salze aller dreier Monamine und der Ammoniumbase.

Man kann zur Trennung der Aminbase von einander in einigen Fällen die fractionnirte Destillation der freien Basen anwenden; in anderen Fällen, namentlich bei den Methyl- und Aethylverbindungen verfährt man dagegen praktischer folgendermassen: Das Gemisch der salzsauren, bromwasserstoffsauren oder jodwasserstoffsauren Salze der Aminbase wird mit Kalilauge versetzt, die sich ausscheidenden Basen mit Kalihydrat entwässert und hierauf mit Oxaläther zusammengebracht. Das Methylamin liefert hierbei Dimethyloxamid nach der Gleichung: $C_2O_2\,(OC_2H_5)_2 + 2CH_3NH_2 = C_2O_2\,(NHCH_3)_2 + 2C_2H_5OH$. Das Dimethylamin verwandelt den Oxaläther in Dimethyloxaminsäure-Aethyläther, nach der Gleichung: $C_2O_2\,(OC_2H_5)_2 + (CH_3)_2NH = C_2O_2 \begin{cases} N(CH_3)_2 \\ OC_2H_5 \end{cases}$ $+ C_2H_5OH$; das Trimethylamin wirkt nicht auf Oxaläther.

Hat man die Methylamine vor sich, so leitet man die freien Basen in Gasform in den trocknen Oxaläther ein, das Trimethylamin geht unverändert durch und kann besonders aufgefangen werden, das Dimethyloxamid scheidet sich aus und wird durch Umkrystallisiren gereinigt, während der Dimethyloxaminsäureäther durch Destillation rein erhalten wird. Die beiden letzten Producte werden hierauf einzeln durch Kalilauge zersetzt, welche aus dem Dimethyloxamid reines Methylamin und aus dem Dimethyloxaminsäureäther reines Dimethylamin abscheidet, nach den Gleichungen: $C_2O_2(NHCH_3)_2 + 2KOH = C_2O_4K_2 + 2CH_3NH_2$; $C_2O_2 \begin{cases} N(CH_3)_5 \\ OC_2H_5 \end{cases} + 2KOH = C_2O_4K_2 + C_2H_5OH + (CH_3)_2NH$.

e) Die Monaminbasen der Aethylreihe sowie diejenigen der Amylreihe und der anderen einwerthigen Alkoholradicale verhalten sich ganz analog; ein Gleiches gilt auch von den Ammoniumbasen, sowie von allen denjenigen Ammoniak- und Ammoniumbasen, welche verschiedene Alkoholradicale enthalten. Nur ist zu bemerken, dass einige Ammoniakbasen, wie z. B. die der Aethylreihe, praktischer aus Chlorid, als aus dem Jodid des Alkoholradicals dargestellt werden, und dass die freien Basen im Allgemeinen um so höher siedende Flüssigkeiten darstellen, je reicher an Kohlenstoff dieselben sind. So siedet das Aethylamin bei 18° C. das Diäthylamin bei 57° C und der Triäthylamin bei 89° C. Die Ammoniumbasen sind sämmtlich nicht unzersetzt flüchtig, ebensowenig wie die Salze der Ammoniakbasen. Wenn man jedoch das salzsaure Salz einer Ammoniumbase in einer Retorte erhitzt, so sammeln sich in dem Hals derselben Krystalle der ursprünglichen

Verbindung an, welche durch Wiedervereinigung der durch Erhitzen getrennten Bestandtheile entstanden sind. Erwärmt man aber eine freie Ammoniumbase, so entsteht ein tertiäres Monamin und der übrige Theil der Verbindung wird entweder weiter zersetzt oder als solcher abgeschieden. So bildet sich beim Erhitzen von Teträthylammoniumoxydhydrat neben Triäthylamin Aethylen und Wasser (nicht Aethylalkohol, wie beim einfachen Zerfallen zu erwarten wäre), während Teträthylamoniumjodid in Triäthylamin und Aethyljodid zerfällt, welche sich jedoch direct wieder vereinigen können. Folgende Gleichungen machen das Gesagte verständlich: $(\mathrm{C_2H_5})_4\,\mathrm{N\Theta H} = (\mathrm{C_2H_5})_3\,\mathrm{N} + \mathrm{C_2H_4} + \mathrm{H_2\Theta}$ (Zersetzung des Teträthylammoniumoxydhydrats; $(\mathrm{C_2H_5})_4\,\mathrm{NJ} = (\mathrm{C_2H_5})_3\mathrm{N} + \mathrm{CH_5\,J}$ (Zersetzung des Teträthylammoniumjodids).

2. Diamine.

Die Diamine enthalten zwei Atome Stickstoff, leiten sich von zwei Molecülen Ammoniak ab und enthalten als wesentlichen Bestandtheil stets mindestens ein zweiwerthiges Alkohoholradical, welches die Vereinigung der beiden Ammoniakreste veranlasst. Sie entstehen bei der Einwirkung von Ammoniak auf die Bromide zweiwerthiger Alkoholradicale. Wir wollen hier nur die Aethylenverbindungen betrachten.

Erhitzt man Aethylenbromid mit Ammoniak, so bilden sich drei Diamine, nämlich:

Aethylendiamin, $\mathrm{C_2H_8N_2}$ oder $\mathrm{C_2H_4}\left\{\begin{matrix}\mathrm{NH_2}\\\mathrm{NH_2}\end{matrix}\right.$ oder $\left.\begin{matrix}\mathrm{C_2H_4}\\\mathrm{H_2}\\\mathrm{H_2}\end{matrix}\right\}\mathrm{N_2}$, eine farblose, bei 127° C. siedende Flüssigkeit von ammoniakalischem Geruch und stark alkalischer Reaction;

Diäthylendiamin, $\mathrm{C_4H_{10}N_2}$ oder $\mathrm{C_2H_4}\left\{\begin{matrix}\mathrm{NH}\\\mathrm{NH}\end{matrix}\right\}\mathrm{C_2H_4}$ oder $\left.\begin{matrix}\mathrm{C_2H_4}\\\mathrm{C_2H_4}\\\mathrm{H_2}\end{matrix}\right\}\mathrm{N_2}$, eine farblose, bei 170° C. siedende Flüssigkeit; und Triäthylendiamin, $\mathrm{C_{12}H_{12}N_2}$ oder $(\mathrm{C_2H_4})_3\,\mathrm{N_2}$, ebenfalls eine farblose Flüssigkeit; diese drei Basen werden in Verbindung mit Bromwasserstoff erhalten; Kalilauge scheidet die freien Basen ab, die nach dem Entwässern durch Kalihydrat durch fractionirte Destillation zu trennen sind.

Bei der Einwirkung von Aethyljodid auf diese Basen kann der in denselben noch enthaltene, dem Ammoniakrest zugehörige Wasserstoff ganz oder theilweise durch $\mathrm{C_2H_5}$ vertreten werden, wodurch Verbindungen entstehen, die

sich weiter mit je zwei Molecülen Aethyljodid zu Ammoniumbasen vereinigen können. So leiten sich vom Aethylendiamin folgende Verbindungen ab:

Diäthyläthylendiamin, $\left.\begin{matrix}\Theta_2H_4\\(\Theta_2H_5)_2\\H_2\end{matrix}\right\}N_2$

Tetrāthyläthylendiamin, $\left.\begin{matrix}\Theta_2H_4\\(C_2H_5)_4\end{matrix}\right\}N_2$

Hexäthyläthylendiammoniumjodid $\left.\begin{matrix}\Theta_2H_4\\(\Theta_2H_5)_6\end{matrix}\right\}N_2J_2$.

Lässt man Aethylenbromid auf Monamine einwirken, so erhält man Ammoniumbasen, welche nur ein Atom Stickstoff enthalten. So entstehen aus Triäthylamin und Aethylenbromid das Bromäthyltriäthylammoniumbromid, $(\Theta_2H_4Br)(\Theta_2H_5)_3NBr$. Daraus lässt sich mit salpetersaurem Silberoxyd das salpetersaure Salz der Base $(\Theta_2H_4Br)(\Theta_2H_5)_3N\Theta H$ darstellen. Bei der Einwirkung von Silberoxyd und Wasser wird dem Bromid jedoch sämmtliches Brom entzogen und durch Hydroxyl ersetzt und es entsteht Oxäthyltriäthylammoniumoxydhydrat, $(\Theta_2H_4\Theta H)(\Theta_2H_5)_3N\Theta H$, eine Base, welche der Gruppe der sogen. Oxäthylbasen angehört.

Analoge Verbindungen entstehen bei der Einwirkung von Ammoniak oder Monaminen auf Aethylenoxyd. Hierbei bilden sich folgende Oxäthylbasen:

$$\Theta_2H_4\Theta + NH_3 = \left.\begin{matrix}(\Theta_2H_4\Theta H)\\H_2\end{matrix}\right\}N \text{ (Monoxäthylamin);}$$

$$2\Theta_2H_4\Theta + NH_3 = \left.\begin{matrix}(\Theta_2H_4\Theta H)\\(\Theta_2H_4\Theta H)\\H\end{matrix}\right\}N \text{ (Dioxäthylamin);}$$

$$\Theta_2H_4\Theta + \Theta H_3NH_2 = \left.\begin{matrix}(\Theta_2H_4\Theta H)\\\Theta H_3\\H\end{matrix}\right\}N \text{ (Oxäthylmethylamin);}$$

$$\Theta_2H_4\Theta + (\Theta H_3)_2NH = \left.\begin{matrix}(\Theta_2H_4\Theta H)\\(\Theta H_3)_2\end{matrix}\right\}N \text{ (Oxäthyldimethylamin).}$$

Diese Verbindungen liefern mit Aethyljodid oder Methyljodid Ammoniumbasen, welche dem oben genannten Oxäthyltriäthylammoniumoxydhydrate analog sind. Eine Base von besonderer Wichtigkeit, welche dieser Gruppe angehört, ist das Cholin, welches als eine Ammoniumbase anzusehen ist, und bei der Einwirkung von Trimethylamin auf salzsaures Aethylenoxyd entsteht, eine Bildung, welche der Einwirkung von Methylchlorid auf das Oxäthyldimethylamin gleichkommt, indem man im ersten Falle nur beide Reactionen in eine zusammenfasst.

Cholin (Sinkalin *), $\Theta_5H_{15}N\Theta_2$, oder Oxyäthyltrimethylammoniumoxydhydrat $\left.\begin{matrix}\Theta_2H_4\Theta H\\(\Theta H_3)_3\end{matrix}\right\}N\Theta H$. Das Cholin kommt in der Galle und im Eidotter vor, scheint jedoch noch ausserdem sehr verbreitet in der Natur zu sein. Künstlich wurde es

---

*) Sinkalin ist ein Zersetzungsproduct des aus dem Samen von Sinapis alba darstellbaren Sinapins.

wie oben angegeben dargestellt. Das Cholin ist zerfliesslich, zieht Kohlensäure aus der Luft an. Sein salzsaures Salz giebt mit Platinchlorid ein prachtvoll krystallisirendes Doppelsalz. Die Krystalle dieses Doppelsalzes sind rothgelbe Tafeln.

Bei der Einwirkung von Jodwasserstoffsäure und etwas Phosphor auf Cholin werden beide Hydroxyle durch Jod ersetzt und es entsteht $\left.\begin{matrix}(C_2H_4J)\\(CH_3)_3\end{matrix}\right\} NJ$ woraus salpetersaures Silberoxyd, das salpetersaure Salz einer **Vinylbase**,*) $\left.\begin{matrix}(C_2H_3)\\(CH_3)_3\end{matrix}\right\} NOH$, abscheidet. Diese Vinylbase ist das **Neurin**, welches man aus dem Gehirn dargestellt hat. Andere Vinylbasen können aus anderen Oxyäthylbasen auf analoge Weise erhalten werden. Diese Verwandlung in Vinylverbindungen ist charakteristisch für die Oxäthylbasen.**)

Bei gemässigter Oxydation des salzsauren Cholins und des Neurins erhält man das salzsaure Salz einer Base, die man Oxyneurin genannt hat und welche identisch mit einer in dem Runkelrübensafte enthaltenen und als Betaïn bezeichneten Base ist; dieselbe hat die Formel $\left.\begin{matrix}CH_2COOH\\(CH_3)_3\end{matrix}\right\} NOH$ oder wahrscheinlicher $<\begin{matrix}CO-O\\CH_2-N\end{matrix}>(CH_3)_3$, während ihrem salzsauren Salz die Formel $<\begin{matrix}COOH\\CH_2-N(CH_3)_3HCl\end{matrix}$ zukommt. Diese letztere Base ist synthetisch durch Einwirkung von Trimethylamin auf Monochloressigsäure dargestellt worden. Die Beziehungen dieser sämmtlichen Basen unter einander wird durch folgende Zusammenstellung klar:

$$<\begin{matrix}CH_2OH\\CH_2-N(CH_3)_3OH\end{matrix} \text{ entspricht dem } <\begin{matrix}CH_2OH\\CH_2Cl\end{matrix}$$

Oxäthylbase (Cholin) — salzsauren Aethylenoxyd

$$<\begin{matrix}COOH\\CH_2-N(CH_3)_3OH\end{matrix} \text{ entspricht der } <\begin{matrix}COOH\\CH_2Cl\end{matrix}$$

Oxyneurin (Betaïn) — Monochloressigsäure

$$\begin{matrix}/\!/\,CH_2\\ \backslash\!\backslash\,CH-N(CH_3)_3OH\end{matrix} \text{ entsprich dem } \begin{matrix}/\!/\,CH_2\\ \backslash\!\backslash\,CHCl\end{matrix}$$

Vinylbase (Neurin) — Vinylchlorid.

Während also die Oxäthylbase eine Ammoniumbase ist, die noch eine Alkoholseite enthält, ist das Oxyneurin auf der einen Seite Base, auf der anderen Seite Säure; es ist nun sehr wahrscheinlich, dass in der freien Base die saure und basische Seite einander gesättigt haben, was unter Wasseraustritt geschieht; $<\begin{matrix}CO-OH\\CH_2-N(CH_3)_3-OH\end{matrix}$ wäre die Formel in der Voraussetzung, dass die basische und saure Seite ungesättigt wären, während für den Fall der gegenseitigen Sättigung die Formel $<\begin{matrix}CO-O\\CH_2\;\;N\end{matrix}>(CH_3)$ angenommen werden müsste,

*) In den Vinylbasen ist C_2H_3 = Vinyl enthalten, daher der Name.

**) Die Bezeichnung Oxäthylbasen bezieht sich auf den Bestandtheil (C_2H_4OH), der als Oxäthyl, d. h. Aethyl, in dem ein H durch OH vertreten ist, bezeichnet wird, wonach Oxäthyl ebenso wie Aethyl einwerthig ist.

wobei die Bildung dieses Salzes analog der Bildung anderer Ammoniumoxydsalze, nämlich unter Wasseraustritt, erfolgt, wie sich z. B. salpetersaures Ammoniak nach der Gleichung $NH_4\Theta H + N\Theta_2\Theta H = NH_4\Theta N\Theta_2 + H_2\Theta$ bildet; nur haben wir in dem ersten Falle eine Salzbildung vor uns, die im Innern eines Molecüles erfolgt. Aehnliche Fälle solcher innigen Verkettung der Atome einer Verbindung kommen öfter vor; das Taurin bietet uns ein weiteres Beispiel dieser Klasse von Verbindungen. Bestärkt wird diese Ansicht von der Constitution des Oxyneurins durch die Analyse der freien Base, welche die empirische Formel $\Theta_5H_{11}\Theta_2N$ ergiebt. Interessant ist ferner das gleichzeitige Vorkommen derselben Substanz oder sehr nahestehender Derivate im Gehirn (Neurin), in der Galle (Cholin), im weissen Senfsamen (Sinkalin) und im Runkelrübensafte (Betaïn).

V. Amide und Amidsäuren.

Die Amide und Amidsäuren können, wie dies in der Einleitung ausführlich auseinandergesetzt ist, von dem Ammoniak abgeleitet werden, indem man den Wasserstoff desselben durch Säureradicale vertreten lässt; einfacher gestalten sich jedoch die Formeln und Beziehungen, wenn man die Amide von den Säuren ableitet, indem man das Hydroxyl derselben durch NH_2 vertreten annimmt, in welchem NH_2 der Wasserstoff weiter durch Alkohol- oder Säureradicale vertretbar ist; beide Anschauungen gründen sich auf die gleiche Ansicht über die Constitution dieser Verbindungen, wie denn auch die Uebereinstimmung der Formeln, welche man nach beiden Methoden entwickeln kann, schon in der Einleitung dargethan wurde. Wir sehen, dass die einbasischen Säuren nur je ein Amid liefern können, während die mehrbasischen Säuren mehrere Amide, nämlich neutrale und saure (Amidsäuren) zu bilden im Stande sind, und die Mannigfaltigkeit der Derivate der Alkoholsäuren dadurch noch vergrössert wird, dass es einen Unterschied bedingt, ob ein Alkohol- oder ein Säurehydroxyl durch NH_2 vertreten ist. Diejenigen Amide, welche sich von Alkoholsäuren ableiten, indem deren Alkoholhydroxyl durch NH_2 vertreten ist, wollen wir Amidosäuren nennen und in einem besonderen Abschnitt betrachten, während wir uns zunächst nur auf die Amide und Amidsäuren beschränken.

1. Amide einbasischer Säuren.

Diese Amide entstehen nach folgenden allgemeinen Bildungsweisen:

α) Beim Erhitzen der Ammoniaksalze einbasischer Säuren, unter Austritt von Wasser, z. B. $\Theta_2H_3\Theta_2NH_4 = \Theta_2H_3\Theta NH_2 + H_2\Theta$ (Verwandlung von essigsaurem Ammoniak in Acetamid);

β) Bei der Einwirkung von Ammoniak auf die Aether der betreffenden Säuren neben den betreffenden Alkoholen, z. B. $C_2H_3O_2C_2H_5 + NH_3 = C_2H_3ONH_2 + C_2H_5OH$ (Bildung von Acetamid aus Essigäther);

γ) bei der Einwirkung von Ammoniak auf die Chlorverbindungen von Säureradicalen.

Die Amide zersetzen sich beim Kochen mit Kalilauge, manche auch schon beim Erwärmen mit Wasser in Ammoniak und die Säure.

a) Acetamid, $C_2H_3ONH_2$ oder $\left.\begin{matrix}C_2H_3O\\H_2\end{matrix}\right\}N$. Entsteht nach den oben angeführten Methoden. Es bildet lange, farblose Nadeln, die bei 79° C. schmelzen und bei 230° C. unzersetzt sieden. Das Acetamid vereinigt sich mit Säuren aber auch mit einigen Metalloxyden.

2. Amide und Amidsäuren mehrbasischer Säuren.

Diese können nach denselben allgemeinen Bildungsweisen erhalten werden, wie die Amide einbasischer Säuren.

a) Oxamid, $C_2O_2(NH_2)_2$, entsteht beim Vermischen von Oxaläther mit Ammoniak, sowie beim Erhitzen von oxalsaurem Ammoniak. Interessant ist seine Entstehung aus einer wässrigen Lösung von Cyan, welcher man etwas gewöhnlichen Aldehyd zugesetzt hat. Das Oxamid ist krystallinisch, in Wasser fast unlöslich.

Bei der Einwirkung primärer Monamine wie Methylamin und Aethylamin auf Ammoniak, erhält man Dimethyloxamid, $C_2O_2(NHCH_3)_2$, und Diäthyloxamid, $C_2O_2(NHC_2H_5)_2$.

b) Oxaminsäure, $C_2O_2OHNH_2$ oder $<\begin{matrix}COOH\\CONH_2\end{matrix}$, entsteht beim Erhitzen von saurem oxalsaurem Ammoniak. Das Oxamethan ist der Aethyläther dieser Säure, $C_2O_2OC_2H_5NH_2$ oder $<\begin{matrix}COOC_2H_5\\CONH_2\end{matrix}$, und entsteht beim Einleiten von Ammoniak in eine weingeistige Lösung von Oxaläther. Oxamethan krystallisirt aus alkoholischer Lösung in farblosen, glänzenden Plättchen; es schmilzt bei 100° C. und destillirt unzersetzt bei 200° C. Isomer ist die Aethyloxaminsäure, $C_2O_2OHNHC_2H_5$ oder $<\begin{matrix}COOH\\CONHC_2H_5\end{matrix}$, welche beim Erhitzen von saurem oxalsauren Aethylamin erhalten wird.

Andere Amide und Amidsäuren sind die Derivate der Bernsteinsäure: Succinamid, $C_2H_4\begin{matrix}CONH_2\\CONH_2\end{matrix}$, und Succinamin-

säure, $C_2H_4 \begin{matrix} COOH \\ CONH_2 \end{matrix}$, Succinimid, $C_2H_4 \left.\begin{matrix} CO \\ CO \end{matrix}\right\} NH$, welches aus Succinamid beim Erhitzen entsteht, indem dieses in Succinimid und Ammoniak zerfällt. Das Succinimid ist also ein Ammoniak, in welchem zwei Atome Wasserstoff durch das zweiwerthige Radical der Bernsteinsäure, Succinyl, vertreten sind; Lactamid, $C_2H_4 \left\{\begin{matrix} OH \\ CONH_2 \end{matrix}\right.$ (Amid der Milchsäure); Malamid, $C_2H_3 \left\{\begin{matrix} OH \\ CONH_2 \\ CONH_2 \end{matrix}\right.$ und Malaminsäure, $C_2H_3 \left\{\begin{matrix} OH \\ COOH \\ CONH_2 \end{matrix}\right.$ (Amide der Aepfelsäure); Tartramid, $C_2H_2 \left\{\begin{matrix} (OH)_2 \\ (CONH_2)_2 \end{matrix}\right.$, und Tartraminsäure, $C_2H_2 \left\{\begin{matrix} (OH)_2 \\ COOH \\ CONH_2 \end{matrix}\right.$ (Amide der Weinsäure); Citramid, $C_3H_4 \left\{\begin{matrix} OH \\ (CONH_2)_3 \end{matrix}\right.$ (Amid der Citronensäure).

3. Amidosäuren und deren Amide und Amidsäuren.

Amidosäuren sind Derivate von Alkoholsäuren, in welchen das Alkoholhydroxyl durch NH_2 vertreten ist, oder Derivate gewöhnlicher Säuren, in welchen ein Atom Wasserstoff des mit $COOH$ verbundenen Alkoholradicals durch NH_2 vertreten ist, welche Beziehung wir mit dem Namen Amidosäuren ausdrücken wollen, wobei wir stets diejenige Säure als Muttersubstanz ansehen, aus welcher durch Vertretung von Wasserstoff durch NH_2 die Amidosäure entstanden ist.

a) Amidosäuren einbasischer Säuren. In diese Gruppe gehören die Amidoderivate der Fettsäuren. Die wichtigeren Glieder derselben sind:

Amidoessigsäure oder Glycocoll, $CH_2 \left\{\begin{matrix} NH_2 \\ COOH \end{matrix}\right.$

Amidopropionsäure oder Alanin, $C_2H_4 \left\{\begin{matrix} NH_2 \\ COOH \end{matrix}\right.$

Amidocapronsäure oder Leucin, $C_5H_{10} \left\{\begin{matrix} NH_2 \\ COOH \end{matrix}\right.$.

Diese Amidosäuren sind sehr schwache Basen ohne Reaction auf Pflanzenfarben.

Glycocoll und Leucin finden sich fertig gebildet in der Natur. Künstlich werden die Amidosäuren auf folgende Weise dargestellt:

1) Durch Einwirkung von Ammoniak auf die einfach gechlorten

Fettsäuren z. B. $Є_2H_3ClΘ_2 + 2NH_3 = Є_2H_3NH_2Θ_2 + NH_4Cl$ (Bildung von Glycocoll aus Monochloressigsäure).

1) Durch Einwirkung von Blausäure auf die Ammoniakverbindungen der Aldehyde der entsprechenden Fettsäuren, z. B. $Є_2H_4ΘNH_3 + ЄNH + H_2Θ = Є_3H_7NΘ_2 + NH_3$ (Bildung des Alanins aus Aldehydammoniak).

Durch salpetrige Säure werden die Amidosäuren in die Oxysäuren der entsprechenden Fettsäuren verwandelt; Amidoessigsäure oder Glycocoll liefert z. B. Oxyessigsäure oder Glycolsäure (pag. 454). Amidopropionsäure oder Alanin liefert Oxypropionsäure oder Milchsäure.

α) **Glycocoll**, $Є_2H_5NΘ_2$ oder $Є_2H_3NH_2Θ_2$ oder $ЄH_2\begin{cases}NH_2\\ ЄΘΘH\end{cases}$

oder $\left.\begin{matrix}H_2\\ Є_2H_2Θ\\ H\end{matrix}\right\}\begin{matrix}N\\ Θ\end{matrix}$, findet sich fertig gebildet in der Hippursäure (siehe aromatische Verbindungen), in der Harnsäure und in der Galle, und kann durch Einwirkung von Säuren oder Alkalien daraus abgeschieden werden. Ausserdem kann man es aus Leim durch Behandlung mit denselben Reagentien darstellen (daher sein Name Leimzucker, Glycolin). Das Glycocoll ist leicht löslich in Wasser, kann jedoch in schönen Krystallen erhalten werden. Beim Erhitzen zersetzt es sich, ohne zu sublimiren; mit Aetzbaryt erhitzt, entwickelt es Methylamin und Ammoniak. Mit Schwefelsäure verbindet es sich zu schwefelsaurem Glycocoll, $(Є_2H_5NΘ_2 + H_2SΘ_4)$. Die Verbindung mit Kupferoxyd, das Glycocollkupferoxyd, welches in blauen Nadeln krystallisirt, ist sehr charakteristisch. Es hat die Formel $(Є_2H_5NΘ_2)_2ЄuΘ$. Weiter vereinigt sich das Glycocoll mit salpetersaurem Kupferoxyd und salpetersaurem Silberoxyd, sowie mit salpetersaurem Kali.

Das salzsaure Glycocoll bildet mit Platinchlorid ein in Wasser und Alkohol leicht lösliches krystallinisches Doppelsalz.

Ein Derivat des Glycocolls ist das Methylglycocoll oder Sarkosin, welches sich vom Glycocoll dadurch unterscheidet, dass es ein $ЄH_3$ an Stelle von H in dem NH_2 enthält. Seine Formel ist $ЄH_2\begin{cases}NHЄH_3\\ ЄΘΘH\end{cases}$. Es entsteht beim Kochen von Kreatin mit Barytwasser und kann künstlich durch Einwirkung von Methylamin auf Monochloressigsäure erhalten werden. Das Sarkosin ist in Wasser leicht, in Weingeist schwer löslich. Es bildet mit Salzsäure und Platinchlorid ein schön krystallisirendes Doppelsalz.

Die Isomerie des Sarkosins mit Alanin, Lactamid und Glycocollmethyläther wird durch folgende Zusammenstellung verständlich, da sich die Constitution des Sarkosins aus seiner Bildung aus Monochloressigsäure und Methylamin ergiebt, welche nach der Gleichung: $C_2H_3ClΘ_2 + CH_3NH_2 = C_2H_3(NHCH_3)Θ_2 + HCl$ erfolgt.

$CH_2\begin{cases}NHCH_3\\COOH\end{cases}$ Sarkosin . $CH_2\begin{cases}NH_2\\COOCH_3\end{cases}$ Glycocollmethyläther

$C_2H_4\begin{cases}NH_2\\COOH\end{cases}$ Alanin $C_2H_4\begin{cases}OH\\CONH_2\end{cases}$ Lactamid.

β) Alanin, $C_3H_7NO_2$, ist bis jetzt nur künstlich dargestellt worden. Es zeigt in seinem Verhalten grosse Aehnlichkeit mit Glycocoll. Es ist in Wasser leicht löslich, krystallisirt in schönen, perlmutterglänzenden rhombischen Säulen.

γ) Leucin, $C_6H_{13}NO_2$. Das Leucin findet sich im faulen Käse, im Gehirn, in der Leber und im Pancreas; es bildet sich bei der Einwirkung von Säuren oder Alkalien auf eiweissartige Stoffe und auf Leim, Harn und Wolle, sowie bei deren Fäulniss. Ausserdem ist es künstlich dargestellt worden. Das Leucin krystallisirt in glänzenden weissen Plättchen, die sich fettig anfühlen; es wird nur schwierig von Wasser benetzt und ist darin schwer löslich.

b) Amidosäuren mehrbasischer Säuren.

α) Asparaginsäure oder Amidobernsteinsäure, $C_2H_3\begin{cases}NH_2\\(COOH)_2\end{cases}$, entsteht bei der Einwirkung von Säuren oder Alkalien auf Asparagin. Die Asparaginsäure kann aber auch künstlich durch Erhitzen des sauren äpfelsauren Ammoniaks dargestellt werden, wobei übrigens die Entstehung eines sauren Amids der Aepfelsäure zu erwarten wäre. Die Asparaginsäure aus Asparagin wirkt circularpolarisirend, die aus äpfelsaurem Ammoniak ist optisch inactiv. Beide Modificationen liefern als zweibasische Säuren zwei Reihen von Salzen; so kennt man ein Natronsalz der unwirksamen Säure mit 1 Atom Natrium und ein Silbersalz derselben Säure mit 2 Atomen Silber. Die Asparaginsäure wird durch salpetrige Säure in Oxybernsteinsäure oder Aepfelsäure verwandelt. Das saure Amid der Asparaginsäure ist das Asparagin, $C_2H_3\begin{cases}NH_2\\CONH_2\\COOH\end{cases}$, welches sich in den Keimen der Spargeln, in der Althaeawurzel, in den Kartoffeln und in Blättern und Stengeln vieler Leguminosen findet. Es wird am besten aus den Wicken dargestellt. Es krystallisirt in kurzen rhombischen Säulen, mit 1 Mol. Krystallwasser, und ist in Wasser leicht löslich. Seine wässerige Lösung ist schwach linksdrehend, die alkalische Lösung wirkt stärker linksdrehend, die saure dagegen rechtsdrehend. Durch salpetrige Säure wird es in optisch active Aepfelsäure verwandelt. Es bildet mit Basen und Säuren ähnliche Verbindungen wie das Glycocoll.

Auf die Isomerie des Asparagins und der Asparaginsäure mit Malamid und Malaminsäure ist schon in der Einleitung (pag. 413) aufmerksam gemacht worden, und es soll hier nur noch hervorgehoben werden, worauf der chemische Unterschied dieser Körper beruhen kann.

Ein NH_2, welches die Stelle von Hydroxyl in einem Carboxyl vertritt, verhält sich zu einem solchen NH_2, welches ein Alkoholhydroxyl vertritt (wenn wir die Ableitung von den Alkoholsäuren nehmen), gerade so, wie ein Säurehydroxyl zu einem Alkoholhydroxyl, wodurch die betreffenden NH_2 haltigen Verbindungen in die Beziehung von Amiden zu Aminen kommen; so verhält sich Lactamid zu Alanin, wie ein Säureamid zu einem Alkoholamin, dessen Eigenschaften übrigens durch die gleichzeitige Anwesenheit von Carboxyl in der Verbindung etwas modificirt sind. Dass sich zwei Charaktere in einer Verbindung vereinigen können, hat nichts Befremdendes, sehen wir doch in den Gliedern der Milchsäurereihe Körper, die gleichzeitig Alkohole (auf der einen Seite) und Säuren (auf der anderen Seite) sind. Bei den Amiden und den Amidosäuren haben wir dasselbe Verhältniss. Das Glycocoll ist auf der einen Seite Aminbase, auf der anderen Seite Säure, das Lactamid ist auf der einen Seite Alkohol auf der anderen Säureamid, das Asparagin vereinigt sogar drei Charaktere in sich, es ist sowohl Aminbase, als auch Säureamid und Säure.

Wenn wir diese Vereinigung verschiedener Charaktere in einem und demselben chemischen Individuum im Auge behalten, so können wir uns manche Eigenschaften der Körper besser erklären; z. B. die Fähigkeit der Amidosäuren, sich mit Basen, Säuren und Salzen vereinigen zu können. Bei der Vereinigung mit Basen betheiligt sich hauptsächlich die saure Seite der Verbindung, bei der Vereinigung mit Säuren die basische Seite, und endlich bei der Vereinigung mit Salzen wird die saure Seite die Base des Salzes und die basische Seite die Säure des Salzes binden. Ob auch bei diesen Körpern wie bei dem Oxyneurin und dem Taurin eine gegenseitige Sättigung der sauren und basischen Seite im Zustand der Isolirung der Verbindung eintritt, kann hier nicht entschieden werden.

Taurin, $C_2H_7NSO_3$, wird am leichtesten aus roher Galle durch längeres Kochen mit Salzsäure erhalten. Künstlich kann man es durch Erhitzen von isäthionsaurem Ammoniak darstellen. Das Taurin krystallisirt leicht in wohlausgebildeten monoklinometrischen Säulen; es ist in kaltem Wasser schwer, in heissem Wasser leicht, in Alkohol gar nicht löslich. Salpetrige Säure verwandelt es in Isäthionsäure (pag. 469). Seine Constitution wird durch die Formel $C_2H_4\begin{cases}NH_2\\SO_3H\end{cases}$ ausgedrückt, welche andeutet, dass das Taurin zur Isäthionsäure in derselben Beziehung steht, wie das Glycocoll zur Glycolsäure.

VI. Cyanverbindungen.

Cyanverbindungen können durch directe Vereinigung von Kohlenstoff und Stickstoff bei Gegenwart von starken Basen gebildet werden; auch durch Glühen stickstoffhaltiger organischer Substanzen bei Gegenwart von kohlensaurem Kali oder Natron oder anderen kohlensauren Salzen starker Basen werden Cyanmetalle erzeugt; auch entstehen sie bei der Destillation vieler organischer Verbindungen (Zucker, Fett) mit verdünnter Salpetersäure. Man gebraucht häufig für Cyan in seinen Verbindungen das Zeichen Cy, welches gleich CN ist.

1. Cyan.

Cyan, C_2N_2. Das Cyan wird durch Erhitzen des Cyanquecksilbers erhalten, wobei ein Theil des Cyans als schwarze amorphe Substanz, Paracyan, welche dieselbe procentische Zusammensetzung wie das Cyan hat, zurückbleibt. Das Cyan ist ein farbloses, eigenthümlich durchdringend riechendes Gas, welches bei Abkühlung flüssig und fest werden kann. Es brennt mit purpurrother Flamme unter Freiwerden von Stickstoff und Bildung von Kohlensäure.

2. Cyanwasserstoffsäure,

Blausäure, CNH.

Die Blausäure kommt als Zersetzungsproduct vieler Pflanzenstoffe vor. Sie bildet sich aus bitteren Mandeln, Kirschlorbeerblättern und anderen Stoffen, wenn dieselben mit Wasser übergossen werden. Alle diese Substanzen enthalten nämlich Amygdalin, welches unter gewissen Bedingungen in Zucker, Bittermandelöl und Blausäure zerfällt. Das rohe Bittermandelöl ist blausäurehaltig.

Die Blausäure wird durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure aus den meisten Cyanmetallen abgeschieden. Am besten destillirt man gelbes Blutlaugensalz mit verdünnter Schwefelsäure in einer Retorte, kühlt die sich entwickelnden Dämpfe in einem Kühlapparat ab und fängt sie in Wasser auf. So erhält man die wässerige Blausäure, aus welcher die wasserfreie Säure durch Erwärmen, Durchleiten der Dämpfe durch Röhren, welche mit Chlorcalciumstücken gefüllt sind, und Abkühlen derselben mit Eis, als eine farblose, höchst betäubend riechende Flüssigkeit erhalten wird, welche bei 27° C. siedet und bei — 15° C. fest wird. Die Säure ist höchst giftig. Beim Erwärmen ihrer wässerigen Lösung mit Säuren oder Alkalien erleidet sie eine Veränderung, indem sie sich unter Aufnahme der Elemente des Wassers in Ameisensäure und Ammoniak verwandelt nach der Gleichung: $CNH + 2H_2O = CH_2O_2 + NH_3$. Durch Wasserstoff im Entstehungszustand wird sie in Methylamin übergeführt nach der Gleichung: $CNH + 4H = CH_5N$.

3. Cyanmetalle.

a) Cyankalium, KCN oder KCy, erhält man durch Schmelzen von käuflichem Blutlaugensalz, wobei sich das letztere in Kohlenstoffeisen, Stickstoff und Cyankalium zersetzt. Aus Alkohol kann das Cyankalium umkrystallisirt werden, wobei man es in kleinen

Würfeln erhält. In Wasser ist es ungemein löslich. Seine wässerige Lösung bräunt sich bei längerem Stehen in Folge von Zersetzung. Das Cyankalium riecht nach Blausäure, das käufliche Cyankalium enthält kohlensaures und cyansaures Kali als Verunreinigung, da es durch Schmelzen des Blutlaugensalzes mit kohlensaurem Kali dargestellt wird, wobei kein Cyan unter Zersetzung verloren geht.

b) Cyanquecksilber, $HgCy_2$, erhält man beim Auflösen des rothen Quecksilberoxyds in wässeriger Blausäure; auch beim Kochen von Berlinerblau mit Quecksilberoxyd und Wasser oder von gelbem Blutlaugensalz mit schwefelsaurem Quecksilberoxyd und Wasser entsteht Cyanquecksilber, welches beim Erkalten einer heiss gesättigten wässerigen Lösung in schönen wasserhellen, säulenförmigen Krystallen erhalten wird. Das Cyanquecksilber ist in Wasser schwer löslich, seine Lösung wird durch salpetersaures Silberoxyd nicht gefällt, während die Lösungen der anderen Cyanmetalle mit diesem Salze eine weisse unlösliche Verbindung geben, das

c) Cyansilber, $AgCy$. Dasselbe bildet einen weissen, käsigen, in Salpetersäure fast ganz unlöslichen, in Ammoniak und Cyankalium leicht löslichen Niederschlag, wenn es durch Fällung erhalten wird. Beim Erhitzen schmilzt es unter Zersetzung, indem die Hälfte des Cyans entweicht. Bei Luftzutritt erhitzt, hinterlässt es metallisches Silber.

Die Lösung des Cyansilbers in Cyankalium enthält eine Doppelverbindung von der Formel $AgKCy_2$. Aehnliche Doppelsalze geben die meisten Cyanverbindungen der schweren Metalle, z. B. Cyanzinkcyankalium ($ZnCy_2 + 2KCy$), Cyannickelcyankalium ($NiCy_2 + 2KCy$), Cyankobaltcyankalium ($CoCy_2 + 2KCy$), welche beim Auflösen der durch Fällung erhaltenen einfachen Cyanide in Cyankalium sich bilden und aus der Lösung z. Th. schön krystallisirt erhalten werden können. Die Kobaltverbindung wird beim Kochen ihrer Lösung mit Blausäure und Cyankalium unter Wasserstoffentwicklung in Kobaltidcyankalium ($CoCy_3 + 3KCy$) verwandelt.

d) Ferrocyankalium, gelbes Blutlaugensalz ($FeCy_2 + 4KCy$) oder ($FeCy_6 + K_4$). Versetzt man eine Lösung von Eisenvitriol mit Cyankalium, so erhält man einen Niederschlag von unreinem Eisencyanür, $FeCy_2$, welcher sich in Cyankalium auflöst. Säure scheidet aus dieser Lösung eine Verbindung von der Formel ($FeCy_6 + H_4$) ab, welche Ferrocyanwasserstoffsäure genannt wird. Das Kalisalz dieser Säure ist das gelbe Blutlaugensalz, welches fabrikmässig durch Glühen stickstoffhaltiger organischer Substanzen mit roher, also schwefelsäurehaltiger Potasche und Eisenfeile dargestellt wird. Beim Auslaugen der geglühten Masse mit Wasser wird das gelbe Blutlaugensalz erzeugt, indem

sich das durch das Glühen gebildete Cyankalium mit dem gleichzeitig entstandenen Schwefeleisen umsetzt.

Das gelbe Blutlaugensalz krystallisirt mit 3 Mol. Krystallwasser. Durch die gewöhnlichen Reagentien kann das Eisen nicht darin nachgewiesen werden. Eine Lösung von Eisenchlorid erzeugt einen tiefblauen Niederschlag von Berlinerblau, der sich nach folgender Gleichung bildet:

$$3(FeCy_6 + K_4) + 4FeCl_3 = \underset{\text{Berlinerblau.}}{(3FeCy_6 + 4Fe)} + 12KCl$$

Chlorgas färbt die Lösung von gelbem Blutlaugensalz rasch braun, und wenn man mit dem Einleiten von Chlorgas aufhört, sobald Eisenchlorid in einer Probe keinen blauen Niederschlag mehr erzeugt, kann man durch Verdunsten der Lösung schöne rothe Krystalle von

e) Ferridcyankalium oder rothem Blutlaugensalz ($FeCy_6 + 3K$) erhalten. Aus dem rothen Blutlaugensalz kann man auf einem Umwege die Ferridcyanwasserstoffsäure ($FeCy_6 + H_3$) darstellen. Die Lösung des rothen Blutlaugensalzes giebt mit Eisenchlorür einen blauen Niederschlag, den man ebenfalls Berlinerblau, aber auch Turnbulls Blue genannt hat. Er bildet sich nach der Gleichung:

$$2(FeCy_6 + 3K) + 3FeCl_2 = \underset{\text{Turnbulls Blue.}}{(2FeCy_6 + 3Fe)} + 6KCl$$

In den Auflösungen der Eisenoxydsalze bringt rothes Blutlaugensalz keinen Niederschlag, wohl aber eine braune Färbung hervor.

Es seien hier die Formeln der eben besprochnen Verbindungen noch einmal zusammengestellt und gleichzeitig mit den Aequivalentformeln derselben verglichen.

Atomistische Formeln	Aequivalentformeln
$(FeCy_2 + 4KCy)$ $(FeCy_6 + 4K)$ Ferrocyankalium	$(FeCy + 2KCy)$ $(FeCy_3 + 2K)$
$(FeCy_3 + 3KCy)$ $(FeCy_6 + 3K)$ Ferridcyankalium	$(Fe_2Cy_3 + 3KCy)$ $(Fe_2Cy_6 + 3K)$
$(3FeCy_2 + 4FeCy_3)$ $(3FeCy_6 + 4Fe)$ Berlinerblau	$(3FeCy + 2Fe_2Cy_3)$ $(3FeCy_3 + 4Fe)$
$(2FeCy_3 + 3FeCy_2)$ $(2FeCy_6 + 3Fe)$ Turnbulls Blue.	$(Fe_2Cy_3 + 3FeCy)$ $(Fe_2Cy_6 + 3Fe)$

Bei dem Gebrauch der Aequivalentformeln hat man sich noch einer Abkürzung bedient, indem man die Verbindung $FeCy_3$ mit Cfy und Fe_2Cy_6 mit

Cfdy bezeichnet hat, bei deren Anwendung sich obige Aequivalentformeln folgendermaassen gestalten: (Cfy + 2K) gelbes Blutlaugensalz, (Cfdy + 3K) rothes Blutlaugensalz, (3Cfy + 4Fe) Berlinerblau, und (Cfdy + 3Fe) Turnbulls Blue. Die Schreibweise der Formeln dieser Verbindungen in den in zweiter Linie stehenden Formeln soll ausdrücken, dass eine gewisse Analogie besteht zwischen den Haloidsalzen einerseits und den Ferro- und Ferridcyanverbindungen andrerseits. So fungirt im gelben Blutlaugensalz $FeCy_6$ gewissermaassen als vierwerthiges Radical, welches aus seiner Kaliumverbindung in die Wasserstoffverbindung und in die Verbindung mit anderen Metallen unverändert übertragen werden kann, wie das Chlor aus dem Chlorkalium in die Chlorwasserstoffsäure oder in das Chlorsilber übertragen wird. Man hat die Radicale Ferrocyan und Ferridcyan zwar noch nicht in freiem Zustand dargestellt, hat sich darunter auch nicht etwa fester geschlossene Kerne der Verbindungen vorzustellen, sondern die Bezeichnung derselben als Radicale nur als das Resultat unserer Ansicht von der Analogie der Ferrocyanverbindungen und Ferridcyanverbindungen mit den Verbindungen des Chlors oder anderer Elemente zu denken. Hauptsächlich gegründet ist die Benennung dieser Körper als Radicale auf die Zersetzung der Kaliumverbindungen durch gewisse Säuren in der Kälte und durch Salze. Diese Doppelcyanide verhalten sich nicht wie Doppelsalze, sondern wie einfache Salze. Eine Vergleichung des Verhaltens des Ferrocyankaliums mit einem anderen Doppelcyanid gegen Salzsäure wird den Unterschied beider hervortreten lassen. Salzsäure scheidet aus dem Ferrocyankalium die Ferrocyanwasserstoffsäure ab, nach der Gleichung:

$$(FeCy_2 + 4KCy) + 4HCl = (FeCy_2 + 4HCy) + 4KCl;$$

aus Nickelcyanürcyankalium entwickelt sich aber auf Zusatz von Salzsäure Blausäure, während Nickelcyanür nach folgender Gleichung abgeschieden wird:

$$(NiCy_2 + 2KCy) + 2HCl = NiCy_2 + 2KCl + 2HCy.$$

Man hat diese beiden Arten von Doppelcyaniden dadurch unterschieden, dass man die Letzteren als zersetzbare bezeichnet hat im Gegensatz zu den Ersteren, welche nicht leicht durch Säuren zersetzt werden. Während die zersetzbaren also wirkliche Doppelsalze sind, sind die unzersetzbaren Doppelcyanide Verbindungen zusammengesetzter Radicale. Das Kobaltidcyankalium gehört in die Klasse der unzersetzbaren Doppelcyanide.

4. Verbindungen des Cyans mit Alkoholradicalen.

Bei Gelegenheit der Besprechung des Methylalkohols und des Aethylalkohols wie auch an anderen Orten wurde der Verbindungen der Alkoholradicale mit Cyan Erwähnung gethan.

Es wurde dort gezeigt, dass diese Cyanverbindungen, welche bei der Destillation des ätherschwefelsauren Kalis mit Cyankalium erhalten werden, aber auch durch Einwirkung organischer Chlor-, Brom- oder Jodverbindungen auf Cyansilber dargestellt werden können, bei Einwirkung von Alkalien unter Ammoniakentwicklung Alkalisalze organischer Säuren liefern. Die einfachste derartige Cyanverbindung ist die Blausäure selbst, welche bei der genannten Einwirkung in Ameisensäure und Ammoniak zerfällt. Die Homologen der Blausäure können nun bei ihrer Zersetzung neben

Ammoniak Homologe der Ameisensäure liefern, oder neben Ameisensäure Homologe des Ammoniaks. In der That kennt man zwei Arten isomerer Cyanverbindungen von Alkoholradicalen. Die beschriebenen Cyanverbindungen geben neben Ammoniak Homologe der Ameisensäure, die isomeren, deren Darstellung weiter unten besprochen werden soll, zerfallen in Ameisensäure und Homologe des Ammoniaks, wie die Monaminbasen genannt werden können. So haben wir z. B. zwei isomere Methylcyanide und Aethylcyanide, deren Verschiedenheit in folgender Zusammenstellung hervortritt.

I. Homologe der Blausäure, welche Ammoniak und ein Homologes der Ameisensäure liefern:

$$\text{HꞒN} + 2\text{H}_2\Theta = \text{NH}_3 + \text{ꞒH}_2\Theta_2$$
$$\text{ꞒH}_3\text{ꞒN} + 2\text{H}_2\Theta = \text{NH}_3 + \text{Ꞓ}_2\text{H}_4\Theta_2$$
$$\text{Ꞓ}_2\text{H}_5\text{ꞒN} + 2\text{H}_2\Theta = \text{NH}_3 + \text{Ꞓ}_3\text{H}_6\Theta_2.$$

II. Homologe der Blausäure, welche Ameisensäure und ein Homologes des Ammoniaks liefern.

$$\text{HNꞒ} + 2\text{H}_2\Theta = \text{NH}_3 + \text{ꞒH}_2\Theta_2$$
$$\text{ꞒH}_3\text{NꞒ} + 2\text{H}_2\Theta = \text{ꞒH}_3\text{NH}_2 + \text{ꞒH}_2\Theta_2$$
$$\text{Ꞓ}_2\text{H}_5\text{NꞒ} + 2\text{H}_2\Theta = \text{Ꞓ}_2\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{ꞒH}_2\Theta_2.$$

Die ersteren Cyanide, welche man zum Unterschiede von den anderen Cyaniden neuerdings ausschliesslich Nitrile nennt, werden nach den bekannten Methoden erhalten; also durch Zersetzung des betreffenden ätherschwefelsauren Kalis mit Cyankalium, durch Umsetzung des Chlorids, Bromids oder Jodids eines Alkoholradicals mit Cyansilber, und endlich durch Zersetzung der Ammoniaksalze mit Hülfe von wasserfreier Phosphorsäure oder anderen wasserentziehenden Substanzen. Bei der letzteren Reaction verwandeln sich die Ammoniaksalze zuerst in Amide und nachher in Nitrile, umgekehrt können diese Nitrile durch Wasseraufnahme in die ursprünglichen Ammoniaksalze übergehen. Ein Beispiel wird das Gesagte erläutern: $\text{Ꞓ}_2\text{H}_3\Theta_2\text{NH}_4 = \text{H}_2\Theta + \text{Ꞓ}_2\text{H}_3\Theta\text{NH}_2$; $\text{Ꞓ}_2\text{H}_3\Theta\text{NH}_2 = \text{H}_2\Theta + \text{Ꞓ}_2\text{H}_3\text{N}$. Essigsaures Ammoniak geht also in $\text{Ꞓ}_2\text{H}_3\text{N}$, Acetonitril, über, welches identisch ist mit Methylcyanid, das durch Destillation von methylätherschwefelsaurem Kali mit Cyankalium dargestellt worden ist.

Dem Namen Acetonitril liegt die Vorstellung zu Grunde, dass das aus der Essigsäure stammende dreiwerthige Radical $\text{Ꞓ}_2\text{H}_3$ in einem Molecül Ammoniak die drei Atome Wasserstoff vertreten hat, wodurch das Nitril $\text{Ꞓ}_2\text{H}_3\text{N}$ zu Stande gekommen ist. Unter Aufnahme von Wasser geht das Acetonitril in essigsaures Ammoniak über, gemäss der Gleichung: $\text{Ꞓ}_2\text{H}_3\text{N} + 2\text{H}_2\Theta = \text{Ꞓ}_2\text{H}_3\Theta_2\text{NH}_4$. Dass aber im Acetonitril auch Cyan enthalten ist, zeigt seine Darstellung mit Hülfe von Cyankalium. Nach allem können wir die Structurformel des Acetonitrils folgendermaassen schreiben: $\text{H}_3\text{Ꞓ}-\text{Ꞓ}\equiv\text{N}$. Diese Formel

erklärt uns die Entstehung aus Ammoniak und Essigsäure, d. h. die Loslösung des Stickstoffs vom Kohlenstoff und das Verbundenbleiben des ganzen Kohlenstoffs.

Die isomeren Cyanide werden bei der Einwirkung von Chloroform auf eine mit Kalihydrat versetzte weingeistige Lösung von Monaminen erhalten. Verwendet man statt eines Monamins Ammoniak, so erhält man Blausäure. Folgende Gleichungen beschreiben die genannten Zersetzungen:

$$ЄHCl_3 + 4NH_3 = ЄNH + 3NH_4Cl$$
$$ЄHCl_3 + NH_2ЄH_3 + 3KΘH = ЄNЄH_3 + 3KCl + 3H_2Θ.$$

Diese isomeren Cyanide, welche man als die eigentlichen Cyanide der Alkoholradicale bezeichnet, werden von den Alkalien nicht angegriffen, dagegen von Säuren mit Heftigkeit zersetzt, wobei sich neben Ameisensäure das Salz des ursprünglich angewandten Monamins wieder bildet.

Bei der Zersetzung dieser Verbindungen bleibt also der Stickstoff mit dem einen Kohlenstoff verbunden, während stets ein Atom Kohlenstoff als Ameisensäure abgeschieden wird; daraus können wir unter Annahme fünfwerthigen Stickstoffs folgende Structurformel für die isomere Cyanverbindung aufstellen: $H_3Є—N\equiv Є$.

Während also die Nitrile der Säuren wieder in die ursprünglichen Säuren zurück verwandelt werden, liefern die isomeren oder die eigentlichen Cyanverbindungen das ursprüngliche Alkoholradical wieder und gleichzeitig ein Zersetzungsproduct des Cyans, nämlich die Ameisensäure.

Die isomeren Cyanverbindungen entstehen jedoch meist neben den Nitrilen bei deren Darstellung mit Hülfe von Cyankalium oder Cyansilber. Sie unterscheiden sich von den Nitrilen durch den viel niedrigeren Siedepunkt und durch ihren ganz fürchterlichen Geruch.

5. Chlorverbindungen des Cyans.

Das Cyan liefert mit Chlor ein gasförmiges Chlorcyan, $ЄNCl$, welches durch Einleiten von Chlorgas in wässerige Blausäure oder in eine wässerige Lösung von Cyanquecksilber erhalten wird. Das Chlorcyan löst sich ziemlich reichlich in Wasser; bei — 15° C. wird es flüssig. Lässt man Chlorcyan längere Zeit in verschlossenen Gefässen stehen, so bilden sich Krystalle der Verbindung $Є_3N_3Cl_3$, des festen Chlorcyans.

6. Säuren des Cyans.

a) Cyansäure, $ЄΘNH$, erhält man als farblose, stechend riechende, leicht veränderliche Flüssigkeit bei der Destillation der Cyansäure. Aus den freien Säuren kann man keine Salze derselben darstellen, umgekehrt kann man auch die Cyansäure aus ihren Salzen nicht durch stärkere Säuren abscheiden, weil dieselbe

im Moment des Freiwerdens zerfällt in $ƟO_2$ und NH_3 nach der Gleichung: $ƟONH + H_2O = ƟO_2 + NH_3$.

Cyansaures Kali, $ƟNOK$, erhält man beim Schmelzen von Cyankalium oder von Blutlaugensalz und Potasche mit Bleihyperoxyd oder mit Mennige. Durch Auslaugen der Schmelze mit kochendem Weingeist erhält man das cyansaure Kali rein.

Aus dem cyansauren Kali lassen sich andere Salze der Cyansäure durch Wechselzersetzung darstellen. Vermischt man eine Lösung von cyansaurem Kali mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd, so entsteht ein weisser Niederschlag von cyansaurem Silberoxyd. Vermischt man dagegen eine Lösung von cyansaurem Kali mit einer Lösung von schwefelsaurem Ammoniak, so erhält man beim Verdampfen der Flüssigkeit neben schwefelsaurem Kali nicht cyansaures Ammoniak, sondern den isomeren Harnstoff.

Die Aether der Cyansäure lassen sich zum grössten Theil durch trockne Destillation eines Gemisches von cyansaurem Kali und ätherschwefelsaurem Kali darstellen. Diese Aether sind sehr leicht zersetzbar, mit Wasser zersetzen sie sich sofort in Kohlensäure und substituirte Harnstoffe. Der Cyansäuremethyläther liefert z. B. Dimethylharnstoff. Durch Alkalien werden die Aether der Cyansäure leicht zersetzt in Kohlensäure und Monamine; Cyansäuremethyläther liefert Kohlensäure und Methylamin. Folgende Gleichungen beschreiben diese Zersetzungen:

$$\underset{\text{Cyansäuremethyläther}}{2ƟONƟH_3} + H_2O = ƟO_2 + \underset{\text{Dimethylharnstoff.}}{ƟO(NHƟH_3)_2}$$

$$ƟONƟH_3 + H_2O = ƟO_2 + ƟH_3NH_2.$$

Der Methyläther der Cyansäure ist eine sehr flüchtige Flüssigkeit; der Aethyläther ist ebenfalls flüssig, siedet bei 60° C. Beide haben einen sehr stechenden Geruch.

b) Cyanursäure, $Ɵ_3N_3O_3H_3$, ist eine dreibasische Säure, die beim Erhitzen des Harnstoffs entsteht. Sie ist in Wasser nicht leicht löslich, krystallisirt leicht und gut. Ihre charakteristischste Verbindung ist ein Kupferammoniaksalz, welches beim Erwärmen einer verdünnten ammoniakalischen Kupferoxydlösung mit Cyanursäurelösung als violetter Niederschlag gefällt wird. Ihr Methyl- und Aethyläther werden ebenso dargestellt, wie die Aether der Cyansäure, sie sind aber feste krystallinische Körper. Sie werden durch Kalilauge gerade so zersetzt wie die Cyansäureäther.

c) Schwefelcyanwasserstoffsäure, Rhodanwasserstoff, $ƟNSH$. Das Kalisalz dieser Säure, das Rhodankalium, wird durch Zusammenschmelzen von entwässertem Blutlaugensalz mit kohlensaurem Kali und Schwefel, Ausziehen der Schmelze mit heissem Alkohol und Verdunsten dieser Lösung in Krystallen erhalten, die

in Wasser leicht löslich sind. Die Lösung des Rhodankaliums ist das empfindlichste Reagens auf Eisenoxyd (pag. 229).

Schwefelcyanquecksilber wird durch Fällung der Lösung von Rhodankalium durch salpetersaures Quecksilberoxyd erhalten. Es verbrennt unter Zurücklassung einer sehr voluminösen Asche (Pharaoschlangen).

Die freie Säure wird in trocknem Zustand aus der trocknen Quecksilberverbindung durch Salzsäuregas abgeschieden. Sie ist flüssig, wird leicht zersetzt in Blausäure und in Persulfocyansäure, $C_2H_2N_2S_3$.

Die Schwefelcyanwasserstoffsäure bildet ähnliche Aether wie die Cyansäure, von der sie sich in der Zusammensetzung nur dadurch unterscheidet, dass sie statt Sauerstoff Schwefel enthält. Das ätherische Senföl ist ein Aether der Schwefelcyanwasserstoffsäure.

Isomere der Cyansäure- und Schwefelcyanwasserstoffsäureäther werden wir bei Gelegenheit der Besprechung des Harnstoffs erwähnen.

Amide des Cyans.

a) Cyanamid, CN_2H_2, entsteht beim Einleiten von Chlorcyan in Aether, der mit Ammoniak gesättigt ist; es scheidet sich augenblicklich Salmiak aus, und die ätherische Flüssigkeit liefert nach dem Verdunsten schöne farblose, blättrige Krystalle von Cyanamid. Das Cyanamid ist in Wasser leicht löslich; versetzt man seine wässerige Lösung mit ein wenig Ammoniak, so krystallisiren nach kurzer Zeit schöne blättrige Krystalle einer in Aether sehr schwer löslichen Verbindung, des Dicyandiamids, $C_2N_4H_4$, aus. Erhitzt man Cyanamid, so schmilzt es, geht aber leicht dabei in Tricyantriamid, $C_3N_6H_6$, oder Melamin über.

Erwärmt man wässerige Cyanamidlösung mit verdünnter Salpetersäure, so erhält man nach dem Erkalten Krystalle von salpetersaurem Harnstoff.

b) Melamin, $C_3N_6H_6$, entsteht ausser aus Cyanamid auch beim Erhitzen von Schwefelcyankalium mit Salmiak auf 200° C. Nach dem Auswaschen der erhitzten Masse mit Wasser wird dieselbe so lange mit verdünnter Kalilauge gekocht, bis sie sich gelöst hat. Aus der Lösung scheiden sich beim Verdampfen oder Erkalten Krystalle von Melamin ab. Die zuerst gebildete Masse ist Melam, welches durch Kochen mit Kalilauge in Melamin verwandelt wird. Mit Schwefelsäure und Salpetersäure bildet das Melamin schön krystallisirende Salze.

Durch starkes Erhitzen verwandelt sich Melamin in gelbes Mellon, welches nur schwierig verbrennt.

Knallsäure, $C_2H_2N_2O_2$, ist in freiem Zustande nicht bekannt. Ihr Silbersalz ist das sogen. Knallsilber, $C_2N_2Ag_2O_2$, welches dargestellt wird, indem man Silber in Salpetersäure unter Zusatz von Weingeist auflöst, wobei bis zum Sieden erwärmt wird, zuletzt setzt man nochmals Weingeist zu und lässt erkalten. Das Knallsilber scheidet sich alsdann in weissen, seideglänzenden Nadeln ab. Knallquecksilber, $C_2N_2HgO_2 + H_2O$, wird auf ähnliche Weise dargestellt.

Knallsäure hat wahrscheinlich folgende Constitutionsformel: CH_2NO_2Cy, wonach sie nitrirtes Methylcyanid wäre.

VII. Derivate der Kohlensäure.

Die Kohlensäure ist unter den anorganischen Verbindungen genannt und beschrieben worden; sie steht übrigens in so mannigfacher Beziehung auch zu den organischen Verbindungen, dass, wenn man eine strenge Eintheilung der Körper in anorganische und organische mit Rücksicht auf chemische Eigenschaften machen wollte, die Kohlensäure in vieler Hinsicht den Uebergang der einen zu der anderen darstellen würde. Speciell zu den Körpern, die zuletzt beschrieben wurden, zu den Cyanverbindungen, steht die Kohlensäure in mannigfacher Beziehung, weshalb auch hier einige organische Verbindungen besprochen werden sollen, welche am einfachsten als Abkömmlinge der Kohlensäure aufzufassen sind. Es ist dies in erster Linie der Harnstoff mit der grossen Anzahl seiner Derivate, und in zweiter Linie die höchst wichtige Gruppe der gepaarten Harnstoffverbindungen.

Hieran reihen sich einige weitere Substanzen, welche entweder zur Kohlensäure direct oder zum Harnstoff in nahen genetischen Beziehungen stehen.

Wenn wir hier von Derivaten der Kohlensäure sprechen, so haben wir das allerdings noch nicht dargestellte Hydrat derselben im Auge, welches nach den Ansichten, die diesem Buche zu Grunde gelegt sind, die wahre Säure wäre, während dasjenige, was wir Kohlensäure nennen, eigentlich das Anhydrid derselben ist. Die wahre Säure hätte die atomistische Formel CO_2H_2O oder $CO(OH)_2$ oder $CO\left\{\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}\right.$. Dass die wahre Kohlensäure als eine zweibasische Säure anzusehen sei, ist schon auf pag. 100 und 101 entwickelt worden.

Eine andere Auffassung kann bei der atomistischen Formel nicht stichhaltig sein. Als zweibasische Säure bildet die Kohlen-

säure zwei Reihen von Salzen, die wir. soweit wichtig, schon kennen gelernt haben, sowie zwei Reihen von Aethern, nämlich neutrale und saure; ferner zwei Amide, ein neutrales Amid (Harnstoff) und ein saures Amid (Carbaminsäure). Das Radical der Säure, CO, ist zweiwerthig, seine Chlorverbindung, das Chlorkohlenoxyd, ist $\mathrm{COCl_2}$. Von diesem Gesichtspunkt aus sind die Beziehungen der nunmehr zu beschreibenden Verbindungen zur Kohlensäure aufzufassen.

1. Aether.

a) Chlorkohlenoxyd, Phosgengas, $\mathrm{COCl_2}$, entsteht durch directe Vereinigung von Kohlenoxyd und Chlorgas im directen Sonnenlichte. Auch beim Erhitzen von Chloroform mit saurem chromsaurem Kali und Schwefelsäure wird Phosgengas erzeugt. Es ist ein farbloses Gas, welches durch Kälte zu einer Flüssigkeit verdichtet werden kann; in seinem chemischen Verhalten stellt es sich an die Seite der Chloride von Säureradicalen, indem es mit Wasser in Salzsäure und Kohlensäure zerfällt. Mit Alkohol liefert es Aether der einbasischen Chlorkohlensäure $\mathrm{CO}\left\{\begin{matrix}\mathrm{Cl}\\ \mathrm{OH}\end{matrix}\right.$.

b) Kohlensäureäther, $\mathrm{CO(OC_2H_5)_2}$, ist eine leicht bewegliche, angenehm riechende Flüssigkeit, die beim Erwärmen von Oxaläther mit Natrium entsteht.

c) Aetherkohlensäure, $\mathrm{CO}\left\{\begin{matrix}\mathrm{OH}\\ \mathrm{OC_2H_5}\end{matrix}\right.$, nur in Salzen bekannt; bildet mit Kalium ein leicht in Alkohol und doppeltkohlensaures Kali zersetzbares, krystallisirendes Salz, welches sich beim Sättigen einer Lösung von Kalihydrat in absolutem Alkohol mit Kohlensäure bildet.

2. Amide.

a) Harnstoff, Carbamid, $\mathrm{CON_2H_4}$ oder $\mathrm{CO}\left\{\begin{matrix}\mathrm{NH_2}\\ \mathrm{NH_2}\end{matrix}\right.$ oder $\left.\begin{matrix}\mathrm{CO}\\ \mathrm{H_2}\\ \mathrm{H_2}\end{matrix}\right\}\mathrm{N_2}$. Der Harnstoff findet sich im Harn aller Thiere, aber auch sonst sehr häufig im thierischen Organismus als normales Erzeugniss des Lebensprocesses. Künstlich wird er durch Verdampfen einer Lösung von cyansaurem Ammoniak dargestellt (pag. 488). Der Harnstoff ist ferner ein Zersetzungsproduct vieler organischer Körper, die sich meistens im thierischen Organismus finden, und kann auch durch Einwirkung von Ammoniak auf Chlorkohlenoxyd unter gewissen Bedingungen dargestellt werden. Auch beim Erhitzen von Kohlensäureäther mit Ammoniak bildet

sich Harnstoff. Er ist in Wasser sehr leicht, in Alkohol etwas schwerer löslich. Aus Alkohol kann er in schönen, farblosen Prismen krystallisirt erhalten werden. Bei 120° C. schmilzt er und zersetzt sich bei stärkerem Erhitzen zunächst unter Abgabe von Ammoniak in Biuret, welches weiter unter Ammoniakverlust in Cyanursäure übergeht. Beim Erhitzen mit Wasser zersetzt er sich langsam unter Wasseraufnahme in Kohlensäure und Ammoniak, rascher geht dieser Zerfall bei Einwirkung von Kalilauge vor sich. Auch die Berührung mit faulenden Substanzen bewirkt diese Zersetzung, daher in gefaultem Harn kein Harnstoff mehr enthalten ist; salpetrige Säure zersetzt sich mit Harnstoff sehr rasch zu Kohlensäure, Wasser und Stickstoff. Interessant ist, dass beim Kochen von Harnstoff mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd die Rückbildung eines cyansauren Salzes erfolgt, wobei neben cyansaurem Silberoxyd salpetersaures Ammoniak entsteht. Beim Verdunsten von Menschenharn krystallisirt eine Verbindung von Harnstoff mit Chlornatrium aus, welche die Formel ($\Theta H_4N_2\Theta + NaCl + H_2\Theta$) hat. Sie bildet rhombische Prismen. Durch Vermischen und Verdunstenlassen einer Kochsalz- und einer Harnstofflösung können die gleichen Krystalle gewonnen werden. Der Harnstoff verbindet sich mit Säuren, z. B. mit Salpetersäure, zu schön krystallisirendem, schwer löslichen, salpetersauren Harnstoff ($\Theta H_4N_2\Theta, HN\Theta_3$); mit Basen, z. B mit Silberoxyd und Quecksilberoxyd, zu sehr schwer löslichen Verbindungen; mit Salzen, z. B. mit salpetersaurem Silberoxyd, zu der schön krystallisirenden, in Wasser schwer löslichen Verbindung ($\Theta H_4N_2\Theta + AgN\Theta_3$).

Die Verbindung des Harnstoffs mit Oxalsäure wird krystallinisch gefällt beim Vermischen der Lösungen von Harnstoff und Oxalsäure; sie kann aus Wasser umkrystallisirt werden.

Substituirte oder zusammengesetzte Harnstoffe.

Im Harnstoff sind vier durch Alkoholradicale oder Säureradicale vertretbare Wasserstoffatome enthalten; die Einführung von Alkoholradicalen in den Harnstoff gelingt übrigens nicht direct, man kann jedoch auf einem sehr einfachen Wege zu Verbindungen gelangen, welche sich vom Harnstoff in der besprochenen Weise ableiten und substituirte oder zusammengesetzte Harnstoffe genannt werden. Die Einführung von Säureradicalen gelingt bei der Einwirkung der Chloride jener Radicale auf Harnstoff, also direct.

Bis jetzt hat man noch keine zusammengesetzten Harnstoffe dargestellt, welche durch Vertretung von mehr als drei Atomen Wasserstoff vom Harnstoff sich ableiten. Die Verbindungen sind ausschliesslich theoretisch interessant, weshalb wir uns hier auch auf eine Erörterung ihrer Entstehungsweise und Constitution beschränken.

Der Harnstoff entsteht aus Cyansäure und Ammoniak durch sogen. moleculare Umlagerung, d. h. durch gegenseitige Verschiebung der Atome innerhalb des Moleküls, und seine Structurformel ist $\Theta\Theta\begin{cases}NH_2\\NH_2\end{cases}$; seine Entstehung wird durch folgende Gleichung dargestellt:

$$\underset{\text{Cyansäure}}{\text{CONH}} + NH_3 = CO\begin{cases}NH_2\\NH_2\end{cases}.$$

Dieser Zersetzung ganz analog realisiren sich folgende Gleichungen:

$$CONH + \underset{\text{Methylamin}}{CH_3NH_2} = \underset{\text{Methylharnstoff}}{CO\begin{cases}NHCH_3\\NH_2\end{cases}}$$

$$CONH + \underset{\text{Dimethylamin}}{(CH_3)_2NH} = \underset{\text{Dimethylharnstoff}}{CO\begin{cases}N(CH_3)_2\\NH_2\end{cases}}$$

$$CONCH_3 + NH_3 = CO\begin{cases}NHCH_3\\NH_2\end{cases}$$

$$\underset{\text{Cyansäure-methyläther}}{CONCH_3} + CH_3NH_2 = \underset{\text{Isomerer Dimethylharnstoff}}{CO\begin{cases}NHCH_3\\NHCH_3\end{cases}}$$

$$\underset{\text{Cyansäure-äthyläther}}{CONC_2H_5} + \underset{\text{Diäthylamin}}{(C_2H_5)_2NH} = \underset{\text{Triäthylharnstoff.}}{CO\begin{cases}N(C_2H_5)_2\\NHC_2H_5\end{cases}}$$

Auch die Zersetzungen der zusammengesetzten Harnstoffe sind denen des Harnstoffs analog; Harnstoff liefert beim Kochen mit Kalilauge Kohlensäure und 2 Mol. Ammoniak; Methylharnstoff liefert Kohlensäure, 1 Mol. Ammoniak und 1 Mol. Methylamin; Dimethylharnstoff Kohlensäure und 2 Mol. Methylamin; isomerer Dimethylharnstoff Kohlensäure, 1 Mol. Ammoniak und 1 Mol. Dimethylamin; Triäthylharnstoff Kohlensäure, 1 Mol. Aethylamin und 1 Mol. Diäthylamin.

Das Sinapolin (pag. 447) ist Diallylharnstoff, $CO\begin{cases}NHC_3H_5\\NHC_3H_5\end{cases}$.

Von den zusammengesetzten Harnstoffen, welche Säureradicale enthalten, sei hier nur der Acetylharnstoff, $CO\begin{cases}NHC_2H_3O\\NH_2\end{cases}$, erwähnt, der entsteht, wenn man Acetylchlorid mit Harnstoff zusammenbringt.

b) Carbaminsäure, CH_3NO_2 oder $CO\begin{cases}NH_2\\OH\end{cases}$, ist nur in ihren Aethern und Salzen bekannt, welche letztere ziemlich beständig sind. Das wasserfreie kohlensaure Ammoniak ist als das Ammoniaksalz der Carbaminsäure anzusehen. Die Aether nennt man Urethane. Das Aethylurethan, meist nur Urethan genannt, entsteht bei der Einwirkung von Cyansäure oder Chlorcyan auf Alkohol, und von Ammoniak auf Kohlensäureäther. Durch Einwirkung von Ammoniak liefert es Harnstoff. Seine Constitutionsformel ist $CO\begin{cases}NH_2\\OC_2H_5\end{cases}$.

c) Biuret, $C_2H_5N_3O_2$. Das Biuret entsteht beim Erhitzen von Harnstoff auf 160—170° C. Es krystallisirt leicht und schön und ist in heissem Wasser leicht, in kaltem Wasser

schwer löslich. Es entsteht aus zwei Molecülen Harnstoff, unter Austritt von einem Molecül Ammoniak, und demnach geben wir ihm folgende Structurformel: $NH_2—CO—NH—CO—NH_2$.

d) Allophansäureäther, $C_4H_8N_2O_3$, ist der Aether einer Säure, welche sich zum Biuret verhält, wie die Carbaminsäure zum Harnstoff, und der beim Einleiten von Cyansäuredämpfen in absoluten Alkohol erhalten wird. Er krystallisirt und ist in Alkohol und heissem Wasser löslich. Durch Ammoniak wird er in Biuret verwandelt, wobei gleichzeitig Alkohol austritt. Seine Structurformel ist demnach: $NH_2—CO—NH—CO—OC_2H_5$.

Die beiden zuletzt genannten Körper, das Biuret und der Allophansäureäther, sind die Typen einer Klasse von Verbindungen, welche sich von ihnen ableiten durch Vertretung des mit Stickstoff verbundenen Wasserstoffs durch einwerthige Kohlenwasserstoffreste. Man kennt bis jetzt nur solche Biurete oder Allophansäureäther, welche Phenyl, C_6H_5,*) enthalten. Um den Zusammenhang dieser Körper unter einander und mit dem Harnstoff und seinen Abkömmlingen vollständig zu übersehen, müssen wir uns zunächst vergegenwärtigen, dass es zwei Säuren von der procentischen Zusammensetzung der Cyansäure giebt, nämlich diese selbst und die Cyanursäure, welche letztere das dreifache Moleculargewicht hat und als Tricyansäure betrachtet werden kann. Von beiden Säuren leiten sich bekannte Aether ab, aber auch von einer dritten Säure, nämlich der Dicyansäure, derivirende Aether hat man dargestellt. Es steht deshalb der Annahme einer Dicyansäure wohl nichts im Wege, wenn dieselbe auch noch nicht dargestellt ist. Diesen drei Säuren kommen die Formeln: $CNOH$; $C_2N_2O_2H_2$ und $C_3N_3O_3H_3$ zu. Mit Hülfe der zwei ersten Säuren kann man nun leicht zu den oben genannten Körpern gelangen.

Cyansäure und Alkohol liefern Carbaminsäureäther; Cyansäure und Ammoniak liefern Harnstoff, nach folgenden Gleichungen: $CONH + C_2H_5OH = CO\left\{\begin{matrix}OC_2H_5\\NH_2\end{matrix}\right.$, $CONH + NH_3 = CO\left\{\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix}\right.$; Dicyansäure oder zwei Molecüle Cyansäure und Alkohol liefern Allophansäureäther; Dicyansäure und Ammoniak liefern Biuret, nach folgenden Gleichungen: $C_2O_2N_2H_2 + C_2H_5OH = \begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\left\{\begin{matrix}OC_2H_5\\NH\\NH_2\end{matrix}\right.$, $C_2O_2N_2H_2 + NH_3 = \begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\left\{\begin{matrix}NH_2\\NH\\NH_2\end{matrix}\right.$; dass Carbaminsäureäther mit Ammoniak Harnstoff, und Allophansäureäther mit Ammoniak Biuret liefert, macht die Analogie vollständig. Substituirte Allophansäureäther und Biurete werden in analoger Weise erhalten wie substituirte Harnstoffe; wir können mit folgender allgemeinen Formel diese Analogie zeigen (R bedeute ein einwerthiges Alkoholradical): [$CNOR + NH_3 = CO\left\{\begin{matrix}NHR\\NH_2\end{matrix}\right.$], [$CNOR + NH_2R = CO\left\{\begin{matrix}NHR\\NHR\end{matrix}\right.$] (Bildung substituirter Harnstoffe); [$C_2N_2O_2R_2 + C_2H_5OH = \begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\left\{\begin{matrix}OC_2H_5\\NR\\NHR\end{matrix}\right.$], [$C_2N_2O_2R_2 + NH_3 = \begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\left\{\begin{matrix}NH_2\\NR\\NHR\end{matrix}\right.$], [$C_2N_2O_2R_2 + NH_2R =$

---

*) Phenyl ist der einwerthige Kohlenwasserstoffrest des Benzols (siehe dieses).

$\begin{matrix}\text{CO}\\\text{CO}\end{matrix}\left\{\begin{matrix}\text{NHR}\\\text{NR}\\\text{NHR}\end{matrix}\right]$ (Bildung substituirter Allophansäureäther und Biurete).

Sulfoharnstoff.

Die Analogie des Schwefelkohlenstoffs und der Kohlensäure ist schon früher hervorgehoben worden. Wir finden sie hier in der Bildung eines Sulfoharnstoffs wieder. Der Sulfoharnstoff hat die Formel $CS\left\{\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix}\right.$, leitet sich also ebenso von dem Schwefelkohlenstoff ab, wie der Harnstoff von der Kohlensäure. Er wird durch Erhitzen von Schwefelcyanammonium auf 170° C. dargestellt und bildet schöne, wasserhelle, nadelförmige, in heissem Wasser leicht lösliche Krystalle. Beim Erwärmen seiner wässerigen Lösung verwandelt er sich wieder in Schwefelcyanammonium.

Substituirte Sulfoharnstoffe hat man aus Sulfocyansäureäthern dargestellt, analog den gewöhnlichen substituirten Harnstoffen, welche aus Cyansäureäthern erhalten werden. Es ist hier der Ort, wo der Existenz zweier Reihen von Sulfocyansäureäthern Erwähnung geschehen soll, deren einzelne entsprechenden Glieder untereinander isomer sind. Die eine Reihe, die eigentlichen Sulfocyansäureäther, entstehen aus dem Rhodankalium und haben wie dieses folgende Structurformel (worin R ein Alkoholradical bedeute): CNSR; danach ist CNSK Rhodan- oder Schwefelcyankalium oder sulfocyansaures Kali, und CNSH die freie Säure. Diese Körper entsprechen dem cyansauren Kali CNOK und enthalten nur an Stelle des Sauerstoffs des letzteren, Schwefel. Die andere Reihe, die sog. Senföle, entstehen aus dem Schwefelkohlenstoff bei Einwirkung von Monaminen und Zersetzung des erst entstandenen Productes durch Quecksilberchlorid nach folgenden Gleichungen:

$CS_2 + 2NH_2R = CS\left\{\begin{matrix}NHR\\SHNH_2R\end{matrix}\right.;\ CS\left\{\begin{matrix}NHR\\SHNH_2R\end{matrix}\right. + HgCl_2 = CSNR + HgS + NH_2R + 2HCl$. Das zuerst entstandene Product ist sulfocarbaminsaures Monamin, welches unter Austritt von H_2S und NH_2R in den isomeren Sulfocyansäureäther übergeht.

Hiernach wäre also die Formel dieser Aether CSNR und entspräche derjenigen der Cyansäureäther CONR, während die Formel der eigentlichen Rhodanäther CNSR ist, welche derjenigen der isomeren Cyansäureäther CNOR entspricht. Diese letzteren Cyansäureäther entstehen beim Einleiten von Chlorcyan in die alkoholische Lösung der Natrium-Methylate, Aethylate etc. Hiernach haben wir zwei Reihen von Cyansäureverbindungen und zwei Reihen Sulfocyansäure- oder Schwefelcyanwasserstoffsäureverbindungen, nämlich:

I.		II.	
CONH, Cyansäure	CSNH; unbekannt	CNOH, unbekannt	CNSH Rhodanwasserstoff
CONK, unbekannt	CSNK; unbekannt	CNOK, cyansaures Kali	CNSK Rhodankalium
CONR, Cyansäureäther	CSNR; Rhodanäther (Senföle)*)	CNOR, isomere Cyansäureäther**)	CNSR Rhodanäther aus Rhodankalium.

*) Senföle nennt man diese Aether deshalb, weil das längst bekannte Senföl in diese Gruppe gehört. Die Verbindung $CSNC_2H_5$ heisst z. B. Aethylsenföl.

**) Entstehen aus den Aethylaten etc. und Chlorcyan, zerfallen mit Kalilauge in cyansaures Kali und den betreffenden Alkohol.

Die Verschiedenheit der Structur dieser Verbindungen ist wohl schon durch die angegebenen Formeln verständlich; die folgenden gestalten sich jedoch noch übersichtlicher. Die Aether der Gruppe I sind: $\Theta{=}\Theta{=}N{-}R$ und $S{=}\Theta{=}N{-}R$; die Aether der Gruppe II dagegen sind $N{\equiv}\Theta{-}\Theta{-}R$ und $N{\equiv}\Theta{-}S{-}R$.

Die Aether der Gruppe I liefern mit Ammoniak oder Aminen substituirte Harnstoffe, die der Gruppe II nicht. Ein solcher substituirter Sulfoharnstoff ist das Thiosinnamin, welches bei Einwirkung von Ammoniak auf Allylsenföl entsteht und als Allylsulfoharnstoff die Formel $\Theta S\begin{cases}NH\Theta_3H_5\\NH_2\end{cases}$ hat. Es krystallisirt in weissen glänzenden Säulen, die in Wasser leicht löslich sind und bei 70° C. schmelzen, in höherer Temperatur aber sich zersetzen. Die aus den Senfölen entstehenden substituirten Sulfoharnstoffe liefern mancherlei interessante Zersetzungsproducte, wodurch dann eine nahe Beziehung dieser Amide mit den Cyanverbindungen hergestellt wird.

Wir wollen hier noch der Umwandlung gedenken, welche der Diäthylsulfoharnstoff bei der Einwirkung von frisch gefälltem Quecksilberoxyd erleidet. Hierbei wird sein Schwefel gegen Sauerstoff ausgetauscht, und es entsteht Diäthylharnstoff nach der Gleichung: $\Theta S\begin{cases}NH\Theta_2H_5\\NH\Theta_2H_5\end{cases} + Hg\Theta = \Theta\Theta\begin{cases}NH\Theta_2H_5\\NH\Theta_2H_5\end{cases} + HgS$. Der gewöhnliche Sulfoharnstoff verhält sich dabei anders; er verliert nämlich H_2S und verwandelt sich in Cyanamid, welches jedoch sogleich in Dicyandiamid (pag. 489) übergeht, nach den Gleichungen: $\Theta SN_2H_4 + Hg\Theta = \Theta N_2H_2 + HgS + H_2\Theta$ und $2\Theta N_2H_2 = \Theta_2N_4H_4$. Diese Umwandlung steht im innigsten Zusammenhang mit der Bildung von Harnstoff aus Cyanamid, welche unter Wasseraufnahme durch letzteres erfolgt nach der Gleichung: $\Theta N_2H_2 + H_2\Theta = \Theta\Theta N_2H_4$, wenn man Cyanamid mit Salpetersäure zusammenbringt.

Gepaarte Harnstoffe.

Eine grosse Anzahl dieser meist in der Natur vorkommenden Verbindungen sind Producte der Vereinigung von Harnstoff mit anderen mehr oder weniger complicirt zusammengesetzten organischen Substanzen. Wenn auch die Synthese dieser Körper nur in einigen Fällen geglückt ist, so können doch die Zersetzungen, welche dieselben erleiden und bei welchen häufig Harnstoff abgeschieden wird, für die Begründung des Namens, welcher der ganzen Gruppe gegeben wurde, dienen dieser Körper als „gepaarte Harnstoffe" die Bezeichnung findet demnach ihre Berechtigung einerseits in der Möglichkeit der Synthese einiger Glieder dieser Gruppe durch Addition von Cyanamid, dieses Anhydrids des Harnstoffs, zu anderen Verbindungen, andererseits aber auch in der Thatsache, dass sämmtliche hierher gehörige Körper unter gewissen Bedingungen Harnstoff oder seine Zersetzungsproducte, Kohlensäure und Ammoniak, zu liefern im Stande sind, mit Ausnahme eines Körpers, welcher jedoch durch seine synthetische Bildung als in diese Gruppe gehörig sich erweist.

Wir können uns mit der Constitution dieser Verbindungen nicht näher befassen, dieselbe ist in den meisten Fällen noch nicht mit Sicherheit des Näheren anzugeben, sondern wir werden uns auf eine Schilderung der gegenseitigen Beziehungen der einzelnen Glieder beschränken.

a) Guanidin, $ЄH_5N_3$, entsteht aus Cyanamid und Salmiak, wenn dieselben in alkoholischer Lösung mit einander erhitzt werden; ferner entsteht es bei Einwirkung von Bleihyperoxyd auf Glycocyamin, oder von Salzsäure und chlorsaurem Kali auf Guanin.

Das Guanidin ist eine starke Base, seine wässerige Lösung zieht Kohlensäure aus der Luft an und bildet damit ein gut krystallisirendes Salz. Mit Salzsäure und Platinchlorid bildet es ein in schönen gelbrothen Prismen krystallisirendes Salz.

Substituirte Guanidine entstehen bei der Einwirkung von Monaminen auf Cyanamid, sowie bei der Einwirkung von Quecksilberoxyd auf gewisse substituirte Sulfoharnstoffe bei Gegenwart von Monaminen; Diäthylsulfoharnstoff liefert z. B. Triäthylguanidin, wenn man Quecksilberoxyd auf Diäthylsulfoharnstoff bei Gegenwart von Aethylamin einwirken lässt.

Das Methylguanidin, $ЄH_4(ЄH_3)N_3$, oder Methyluramin, entsteht bei der Behandlung von Kreatin mit Quecksilberoxyd oder mit Bleihyperoxyd und Schwefelsäure.

Das Guanidin hat die Formel $Є\begin{cases}NH_2\\NH\\NH_2\end{cases}$, das Methyluramin $Є\begin{cases}NH_2\\NH\\NH—ЄH_3\end{cases}$ oder $Є\begin{cases}NH_2\\NЄH_3.\\NH_2\end{cases}$

b) Glycocyamin, $Є_3H_7N_3Θ_2$, entsteht durch directe Vereinigung von Glycocoll mit Cyanamid. Es ist in kaltem Wasser schwer, in heissem leichter löslich. Mit Salzsäure bildet es ein Salz von der Formel $Є_3H_7N_3Θ_2HCl$, welches bei 160° C. schmilzt, dann 1 Mol. Wasser verliert und sich in salzsaures Glycocyamidin, $Є_3H_5N_3ΘHCl$, verwandelt.

Das Glycocyamin liefert bei der Oxydation mit Bleihyperoxyd und Schwefelsäure Guanidin.

c) Kreatin, $Є_4H_9N_3Θ_2$, kommt stets im Fleisch der Wirbelthiere vor. Es kann daraus durch kaltes Wasser ausgezogen werden. Künstlich kann es durch directe Vereinigung von Sarkosin mit Cyanamid dargestellt werden. Es krystallisirt mit 1 Mol. Wasser, welches bei 100° C. ausgetrieben wird. Mit Salpetersäure bildet es ein gut krystallisirendes Salz von der Formel $Є_4H_9N_3Θ_2NΘ_3H$. Durch Kochen mit Barythydrat wird es in Sarkosin und Harnstoff zerlegt; Quecksilberoxyd oxydirt es zu Methyluramin und Oxalsäure. Bei Einwirkung von Säuren auf Kreatin

verliert es 1 Mol. Wasser und es entsteht Kreatinin, $C_4H_7N_3O$. Dieses findet sich nicht im Fleisch, wohl aber im Harn. Es bildet mit Säuren krystallisirende Salze. Mit Chlorzink vereinigt es sich zu einer schwer löslichen charakteristischen Doppelverbindung von der Formel $(2C_4H_7N_3O + ZnCl_2)$.

d) Theobromin, $C_7H_8N_4O_2$, kommt in den Cacaobohnen vor. Es krystallisirt selbst und bildet krystallisirende Salze; es kann durch Einführung von CH_3 an Stelle von H übergeführt werden in

e) Caffeïn oder Theïn, $C_8H_{10}N_4O_2$. Diese Base kommt im Kaffee und Thee vor, ausserdem in den Blättern von Ilex paraguayensis und in den Früchten von Paulinia sorbilis (Guarana). Sie krystallisirt in feinen, seideglänzenden Nadeln. Durch Kochen mit Baryt wird sie zersetzt und es entsteht neben andern Producten, worunter Kohlensäure und Ammoniak, Caffeïdin, $C_7H_{12}N_4O$, eine starke Base, und Sarkosin.

f) In naher Beziehung zu diesen beiden Basen steht das Xanthin oder Xanthicoxyd, $C_5H_4N_4O_2$, welches einen äusserst seltenen Bestandtheil der Harnsteine bildet, aber in grösserer Menge aus Guanin dargestellt werden kann, indem man dieses mit concentrirter Salpetersäure und salpetrigsaurem Kali behandelt. Es bildet mit Schwefelsäure und Salzsäure krystallisirende Salze.

g) Sarkin oder Hypoxanthin, $C_5H_4N_4O$, ist ein Bestandtheil des Muskelfleisches der Wirbelthiere und findet sich in anderen Theilen des thierischen Organismus, z. B. in der Milz. Das Sarkin ist krystallinisch und in kaltem Wasser schwer löslich. Es bildet mit Kupferoxyd eine unlösliche Verbindung.

h) Guanin, $C_5H_5N_5O$, kommt im peruanischen Guano, sowie in den Excrementen der Spinnen und in der Pankreasdrüse der Säugethiere vor. Man stellt es aus Guano dar. Es bildet ein farbloses, amorphes Pulver. Salzsäure und chlorsaures Kali verwandeln es in Parabansäure, Guanidin und Kohlensäure. Salpetrige Säure führt es in Xanthin über.

Harnsäure und ihre Derivate.

a) Harnsäure, $C_5H_4N_4O_3$, ist ein Bestandtheil des Harns, namentlich der höher organisirten Thiere. Sie scheidet sich manchmal theilweise schon in der Harnblase aus und giebt zur Entstehung von Blasensteinen Veranlassung; sie findet sich aber auch im Guano und in Schlangenexcrementen. Aus letzteren wird sie dargestellt, indem man dieselben mit Kalilauge erhitzt, die Lösung durch Kohlensäure zersetzt, und das hierbei sich ausscheidende schwer lösliche, saure harnsaure Kali durch Salzsäure zerlegt. Die Harnsäure wird hierbei als weisses, in Wasser unlösliches, aus mikroskopischen Krystallen bestehendes Pulver abgeschieden.

Mit Kali giebt sie zwei Salze, ein neutrales und ein saures, und wird deshalb als zweibasische Säure angesehen. Beim Erhitzen mit concentrirtem Jodwasserstoff auf 160° C. wird sie zerlegt in Glycocoll, Kohlensäure und die Zersetzungsproducte des Harnstoffs, nach der auf pag. 374 angegebenen Gleichung, woraus sich ergiebt, dass sie eine Verbindung des Harnstoffs mit Glycocoll ist. Durch Oxydationsmittel erleidet sie eine Zersetzung, in Folge deren mehrere Producte entstehen können.

Durch Salpetersäure werden aus der Harnsäure *Alloxan*, $C_4H_2N_2O_4$, und *Parabansäure*, $C_3H_2N_2O_3$, erzeugt, während gleichzeitig Harnstoff abgeschieden wird. Alloxan nimmt weiter beim Zusammenkommen mit Basen Wasser auf und verwandelt sich in *Alloxansäure*, $C_4H_4N_2O_5$; analog liefert die Parabansäure *Oxalursäure*, $C_3H_4N_2O_4$. Diese beiden Säuren werden beim Kochen mit stärkeren Basen zerlegt in Harnstoff und Mesoxalsäure oder Oxalsäure.

Die Alloxansäure liefert Harnstoff und *Mesoxalsäure*, $C_3H_2O_5$, (pag. 464) und die Oxalursäure Harnstoff und *Oxalsäure*. Aus den genannten Zersetzungsproducten lässt sich noch eine Reihe von anderen höchst interessanten Derivaten darstellen, von denen hier nur noch das *Murexid* erwähnt sei.

Alloxan nimmt bei der Behandlung mit Schwefelwasserstoff H_2 auf und geht in *Dialursäure*, $C_4H_4N_2O_4$, über. Diese Dialursäure verbindet sich mit Alloxan unter Wasseraustritt zu *Alloxantin*, $C_8H_4N_4O_7$, nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Alloxan}}{C_4H_2N_2O_4} + \underset{\text{Dialursäure}}{C_4H_4N_2O_4} = \underset{\text{Alloxantin}}{C_8H_4N_4O_7} + H_2O$$

Erwärmt man Alloxantin mit Salmiak, so entsteht *Uramil*, $C_4H_5N_3O_3$, das Amid der Dialursäure, und Alloxan.

Wenn man Uramil in Wasser gelöst mit sehr verdünntem wässerigen Ammoniak versetzt und Quecksilberoxyd hinzufügt, so färbt sich die Flüssigkeit von gelöstem Murexid purpurroth, während sich metallisches Quecksilber ausscheidet.

Aus der Lösung scheidet sich alsdann das Murexid in goldgrünen Plättchen ab. Das Murexid entsteht auch, wenn man Harnsäure mit Salpetersäure zur Trockne verdampft und den Rückstand mit Ammoniak übergiesst, wobei sich die Auflösung purpurroth färbt. Dieses Verhalten kann zur Nachweisung kleiner Mengen von Harnsäure benutzt werden (Murexidreaction). Das Murexid ist das Ammoniaksalz einer Säure, welche Purpursäure genannt wird. Es hat die Formel $C_8H_4N_5O_4NH_4$.

Allantoïn, $C_4H_6N_4O_3$, kommt in dem Harn der Kälber und des Kuhfötus vor, und kann durch Oxydation der Harnsäure mit Bleihyperoxyd oder Ferridcyankalium in alkalischer Lösung

erhalten werden. Das Allantoïn krystallisirt und ist in kaltem Wasser schwer, in heissem leichter löslich. Durch Erhitzen mit concentrirter Jodwasserstoffsäure wird es unter Aufnahme von H_2 in Harnstoff und Hydantoïn, $C_3H_4N_2O_2$, zerlegt. Hydantoïn ist Glycolylharnstoff und hat die Formel $CO\left\{\begin{matrix}NH\\NH\end{matrix}\right\} C_2H_2O$, worin C_2H_2O als das Radical der Glycolsäure (pag. 456) auftritt. Das Hydantoïn kann künstlich durch Einwirkung von Ammoniak auf Chloracetylharnstoff erhalten werden.

Die Beziehungen der Harnsäure zu den vorher genannten Körpern liegt hauptsächlich darin, dass sie die gleichen Zersetzungspunkte liefern. Vor allem ist es der Harnstoff, welcher als Endproduct der Spaltung dieser Körper auftritt. Auch in diesem Sinne intermediäre Zersetzungsproducte sind den verschiedenen Körpern gemeinsam. So liefert z. B. das Guanin bei der Oxydation Parabansäure wie die Harnsäure. Eine Methylparabansäure, $C_3H(CH_3)N_2O_3$, entsteht bei der Behandlung des Kreatinins mit salpetriger Säure, während eine Dimethylparabansäure oder Cholestrophan, $C_3(CH_3)_2N_2O_3$ aus dem Caffeïdin (pag. 498) durch Einwirkung von Chlor erhalten wird.

B. Aromatische Verbindungen.

Die aromatischen Verbindungen leiten sich in letzter Instanz vom Benzol ab, und können auch zum grossen Theil nach mehr oder weniger umständlichen Methoden daraus dargestellt werden, wenngleich es sich für deren Gewinnung nur in seltenen Fällen empfiehlt, das Benzol als Ausgangspunkt zu benutzen. Die genetischen Beziehungen vieler aromatischer Verbindungen veranlassen die Aufstellung von Constitutionsformeln für dieselben, welche als Fundamente das im Benzol enthaltene Kohlenstoffgerüste haben, an welches die anderen Theile der Verbindungen angelagert sind. Wir wollen einige dieser Constitutionsformeln hier mittheilen und uns hierbei des Zeichens $(\mathrm{Ꞓ}_6)$ für das Kohlenstoffgerüst des Benzols, dessen innere Structur durch die Formel auf pag. 394 veranschaulicht wird, bedienen.

Das Benzol hat demnach die Formel $(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_6$ und daraus leiten sich z. B. folgende Verbindungen ab:

$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_5\mathrm{ƟH}$;	$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_4(\mathrm{ƟH})_2$;	$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_3(\mathrm{ƟH})_3$;
Phenol	Hydrochinon	Pyrogallussäure
$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_5\mathrm{ꞒH}_3$;	$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_4(\mathrm{ꞒH}_3)_2$;	$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_3(\mathrm{ꞒH}_3)_3$;
Methylbenzol oder Toluol	Dimethylbenzol oder Xylol	Trimethylbenzol oder Mesitylen
$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_5\mathrm{ꞒƟƟH}$;	$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_4(\mathrm{ꞒƟƟH})_2$;	$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_3(\mathrm{ꞒƟƟH})_3$;
Benzoësäure	Phtalsäure	Trimesinsäure
$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_4\left\{\begin{matrix}\mathrm{ƟH}\\ \mathrm{ꞒƟƟH}\end{matrix}\right.$;	$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_4\left\{\begin{matrix}\mathrm{ꞒH}_3\\ \mathrm{ꞒƟƟH}\end{matrix}\right.$;	$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_4\left\{\begin{matrix}\mathrm{ƟH}\\ \mathrm{ꞒH}_3\end{matrix}\right.$
Salicylsäure	Toluylsäure	Kresol
$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_3\left\{\begin{matrix}(\mathrm{ƟH})_2\\ \mathrm{ꞒƟƟH}\end{matrix}\right.$;	$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_3\left\{\begin{matrix}\mathrm{ꞒH}_3\\ \mathrm{ƟH}\\ \mathrm{ꞒƟƟH}\end{matrix}\right.$;	$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_3\left\{\begin{matrix}(\mathrm{ꞒH}_3)_2\\ \mathrm{ꞒƟƟH}\end{matrix}\right.$;
Protocatechusäure	Kresotinsäure	Mesitylensäure
$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_5\mathrm{Ꞓ}_2\mathrm{H}_5$;	$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_5\mathrm{Ꞓ}_3\mathrm{H}_7$;	$(\mathrm{Ꞓ}_6)\mathrm{H}_5\mathrm{Ꞓ}_5\mathrm{H}_{11}$;
Aethylbenzol	Propylbenzol	Amylbenzol

$(C_6)H_5CH_2COOH$; $(C_6)H_5C_2H_4COOH$; $(C_6)H_5C_2H_2COOH$
Alphatoluylsäure   Hydrozimmtsäure   Zimmtsäure.

Wenn wir in diesen Formeln (C_6) die Haupt(kohlenstoff)-kette nennen, so werden wir passend für die daran hängenden Atomgruppen den Namen Seitenketten gebrauchen, wobei wir hauptsächlich die kohlenstoffhaltigen Atomgruppen im Auge haben, und zwar wesentlich solche, bei denen der Kohlenstoff der Seitenkette unmittelbar mit dem Kohlenstoff der Hauptkette in Verbindung steht. In diesem Sinne werden wir bei chemischen Einwirkungen auf aromatische Verbindungen von Veränderungen in der Hauptkette und solchen in der Seitenkette sprechen können, wobei wir den mit dem Kohlenstoff der Hauptkette direct verbundenen Wasserstoff als zur Hauptkette gehörig ansehen.

Nach den oben mitgetheilten Formeln besitzt das Toluol eine Seitenkette, welche mit der Hauptkette $(C_6)H_5$ zusammenhängt. Chemische Einwirkungen können sich nun sowohl an der Hauptkette als auch an der Seitenkette äussern, und hier beobachten wir die interessante Thatsache, dass alle chemischen Veränderungen, welche in der Seitenkette vor sich gehen, den gleichen Charakter besitzen, wie die Veränderungen der Fettkörper, während die Hauptkette in ganz anderer Weise sich verhält. Einige Beispiele mögen dies erläutern. Salpetersäure wirkt nur in einigen wenigen Fällen nitrirend auf Fettkörper ein, während aromatische Verbindungen meistens Nitrosubstitutionsproducte liefern, wenn man concentrirte Salpetersäure einwirken lässt. Das hierbei eintretende NO_2 geht nun stets in die Hauptkette und niemals in die Seitenkette, wodurch sich also der Charakter der letzteren als Fettkörper ausspricht. Chlorgas wirkt auf aromatische Verbindungen substituirend ein, aber es entstehen wesentlich andere Verbindungen, je nach dem Orte, an welchem das eintretende Chlor sich anhängt. Toluol giebt z. B. zwei Monochlortoluole, in denen das Chlor ganz verschiedene Wirkungen äussert. Lässt man Chlorgas auf kaltes Toluol einwirken, so entsteht ein Monochlortoluol, welches das Chlor in der Hauptkette enthält, während bei der Einwirkung von Chlorgas auf siedendes Toluol ein Monochlortoluol entsteht, welches das Chlor in der Seitenkette enthält; man hat letzteres Benzylchlorid genannt, wegen seiner Beziehung zum Benzylalkohol. Die Formel des Monochlortoluols ist $C_6H_4ClCH_3$ und die des Benzylchlorids ist $C_6H_5CH_2Cl$. Die erstere Chlorverbindung wird durch Kalilauge nicht zersetzt, während das Benzylchlorid dadurch eine Zersetzung erleidet, wie die Substitutionsproducte der Fettkörper; das Chlor wird durch Hydroxyl ersetzt und es entsteht Benzylalkohol, gerade wie aus Aethylchlorid Aethylalkohol entsteht. Während sich also das Benzylchlorid wie das Chlorid eines

Alkoholradicals verhält, zeigt das Monochlortoluol ganz andere Eigenschaften.

Monochlortoluol wird von Ammoniak nicht verändert, Benzylchlorid wird in Benzylamin verwandelt, analog dem Aethylchlorid, welches Aethylamin liefert. Die Gruppe NH_2 lässt sich zwar auch in die Hauptkette einführen, zeigt dort aber ein ganz anderes Verhalten als in der Seitenkette. Das Benzylamin enthält NH_2 in der Seitenkette und ist ein wahres Monamin, in seinem chemischen Verhalten dem Aethylamin und anderen Monaminen der Fettgruppe durchaus analog, das Amidotoluol enthält NH_2 in der Hauptkette und hat die Formel $(C_6)H_4NH_2CH_3$; das letztere kann durch salpetrige Säure in eine Diazoverbindung verwandelt werden, während Benzylamin eine analoge Verbindung nicht liefert. Während ausserdem NH_2 in der Seitenkette ganz wie bei den Fettkörpern nur durch Einwirkung von Ammoniak auf Chlorverbindungen eingeführt werden kann, ist der einzige Weg, die Gruppe NH_2 in die Hauptkette einzuführen, die Reduction der Nitrosubstitutionsproducte durch Wasserstoff im Entstehungszustand. Alle diese Reactionen begründen eine Verschiedenheit der Hauptkette von den Seitenketten, welche als die fundamentale Verschiedenheit der aromatischen Verbindungen von den Fettkörpern anzusehen ist. Die Hauptkette ist demnach der den chemischen Charakter der aromatischen Verbindungen bedingende Bestandtheil, während die Seitenketten in der Regel alle charakteristischen Eigenschaften der Fettkörper besitzen.

I. Kohlenwasserstoffe.

Benzol C_6H_6.

Das Benzol ist neben Toluol, Xylol und anderen Kohlenwasserstoffen in dem sogen. leichten Steinkohlentheeröl, welches bei der Rectification des durch trockene Destillation der Steinkohlen bei der Leuchtgasbereitung als Nebenproduct erhaltenen Steinkohlentheers zuerst übergeht und leichter als Wasser ist, enthalten. Durch lange fortgesetzte fractionirte Destillation wird das Benzol daraus abgeschieden und durch Erstarrenlassen bei — 5° bis — 10° C. und Abpressen der an den Benzolkrystallen hängenden Flüssigkeit rein erhalten. Sehr rein erhält man das Benzol beim Erhitzen von reiner Benzoësäure mit 3 Theilen gebranntem Kalk. Auch beim starken Erhitzen von Acetylen bildet sich Benzol (siehe pag. 430). Das Benzol ist bei 0° C. fest und siedet bei

81—82° C. Es ist brennbar, unlöslich in Wasser und ein vortreffliches Lösungsmittel der Fette und Harze.

Mit Chlor, Brom, Jod (und Jodsäure) und Salpetersäure bildet es Substitutionsproducte. Chlor und Brom können sich auch zu Benzol addiren, wobei Benzolhexachlorid, $C_6H_6Cl_6$, und Benzolhexabromid, $C_6H_6Br_6$, entstehen. Bei der Substitution können Chlor und Brom, letzteres schwieriger, der Reihe nach fünf Wasserstoffatome des Benzols vertreten. Auch ein Perchlorbenzol, C_6Cl_6 (Julin Chlorkohlenstoff), ist bekannt; es entsteht beim Durchleiten von Chloroform- oder Chlorkohlenstoff-(C_2Cl_4)dämpfen durch eine glühende Röhre. Salpetersäure liefert zunächst Nitrobenzol, $C_6H_5NO_2$, eine gelbe, bei 205° C. siedende Flüssigkeit, die wegen ihres bittermandelölartigen Geruchs in der Parfümerie Verwendung findet. Mit Salpetersäure und Schwefelsäure entsteht hieraus das feste, bei 86° C. schmelzende, schön krystallisirende Binitrobenzol, $C_6H_4(NO_2)_2$.

1. Kohlenwasserstoffe mit einer Seitenkette.

a) Methylbenzol, Toluol, $C_6H_5CH_3$, ist im leichten Steinkohlentheeröl enthalten, entsteht bei der Destillation von Toluylsäure mit gebranntem Kalk, sowie bei der Behandlung eines Gemisches von Monobrombenzol und Methyljodid mit Natrium (siehe pag. 378) als eine farblose, bei 111° C. siedende Flüssigkeit. Das Toluol liefert, wie das Benzol, eine Reihe von Substitutionsproducten. Mit Chlor zunächst zwei Monochlortoluole, über deren Verschiedenheit schon das Wichtigste gesagt worden ist. Das Monochlortoluol, $C_6H_4ClCH_3$, siedet bei 157—158° C., das Benzylchlorid, $C_6H_5CH_2Cl$ bei 176° C. Einige andere Substitutionsproducte sind: Dichlortoluol, $C_6H_3Cl_2CH_3$, (noch nicht rein dargestellt) Chlorbenzylchlorid, $C_6H_4Cl\,CH_2Cl$, siedet bei 215—220° C., und Chlorobenzol, $C_6H_5CHCl_2$, entsteht bei der Behandlung des Bittermandelöls mit PCl_5 und siedet bei 206° C. Sie sind sämmtlich flüssig.

b) Aethylbenzol, $C_6H_5C_2H_5$, entsteht aus Monobrombenzol und Aethyljodid mit Natrium; ist flüssig und siedet bei 134° C.

c) Propylbenzol, Cumol, $C_6H_5C_3H_7$, wird durch trockne Destillation der Cuminsäure mit gebranntem Kalk erhalten; es ist flüssig und siedet bei 151° C.

d) Amylbenzol, $C_6H_5C_5H_{11}$, entsteht aus Monobrombenzol und Amyljodid mit Natrium; es ist flüssig und siedet bei 193° C.

Alle diese Kohlenwasserstoffe liefern bei der Oxydation Benzeësäure, also eine einbasische Carbonsäure. Hierbei werden die Soitenketten schliesslich in $COOH$ verwandelt, indem sich bei den

kohlenstoffreichen Gliedern ein Theil des Kohlenstoffs der Seitenkette abspaltet. Das Amylbenzol hat beispielsweise die Formel: $Ɵ_6H_5ƟH_2ƟH_2ƟH_2ƟH_2ƟH_3$, die Seitenkette enthält also fünf Atome Kohlenstoff, von denen bei der Oxydation vier abgespalten werden.

2. Kohlenwasserstoffe mit zwei Seitenketten.

a) Dimethylbenzol, Xylol, Orthoxylol, $Ɵ_6H_4\left\{\begin{matrix}ƟH_3\\ƟH_3\end{matrix}\right.$, ist im Steinkohlentheer in geringer Menge enthalten, und wird durch trockene Destillation der Paraxylylsäure erhalten. Es ist flüssig und siedet bei 140—141° C. Ein zweites Dimethylbenzol wird aus Monobromtoluol, $Ɵ_6H_4BrƟH_3$, und Methyljodid mit Natrium erhalten. Es krystallisirt bei niederer Temperatur. Die Krystalle schmelzen bei 15° C. und verflüchtigen sich bei 136° C. Ein drittes Dimethylbenzol, Isoxylol genannt, kommt ebenfalls im Steinkohlentheer vor und wird durch trockene Destillation der Mesitylensäure mit Kalk erhalten. Es ist flüssig und siedet bei 136° C.

b) Aethylmethylbenzol, Aethyltoluol, $Ɵ_6H_4\left\{\begin{matrix}ƟH_3\\Ɵ_2H_5\end{matrix}\right.$, (159° C. Siedepunkt) und

c) Diäthylbenzol, $Ɵ_6H_4\left\{\begin{matrix}Ɵ_2H_5\\Ɵ_2H_5\end{matrix}\right.$, (178—179° C. Siedepunkt) werden synthetisch dargestellt, analog dem Toluol und anderen, aus Monobromtoluol und Monobromäthylbenzol mit Aethyljodid und Natrium.

Diese Kohlenwasserstoffe liefern bei der Oxydation, soweit bekannt, zweibasische Säuren, welche also zwei $ƟΘΘH$ im Benzol enthalten und zwei Seitenketten haben.

3. Kohlenwasserstoffe mit drei Seitenketten.

a) Trimethylbenzol, Pseudocumol, $Ɵ_6H_3\left\{\begin{matrix}ƟH_3\\ƟH_3\\ƟH_3\end{matrix}\right.$, ist im Steinkohlentheer enthalten und kann synthetisch aus Bromxylol, Methyljodid und Natrium erhalten werden; es ist flüssig und siedet bei 166° C. Ein zweites Trimethylbenzol ist das Mesitylen, welches als eine bei 163° C. siedende Flüssigkeit bei der Destillation von Aceton mit Schwefelsäure und Rectification des erhaltenen öligen Destillats gewonnen wird. Der Kohlenwasserstoff findet sich gleichfalls im Steinkohlentheer.

b) Aethylxylol, Aethyldimethylbenzol, $Ɵ_6H_3\left\{\begin{matrix}ƟH_3\\ƟH_3\\Ɵ_2H_5\end{matrix}\right.$,

wird als eine bei 183° C. siedende Flüssigkeit synthetisch aus Bromoxylol und Aethylbromid mit Natrium erhalten.

Die aromatischen Kohlenwasserstoffe können alle durch trockene Destillation aromatischer Säuren mit Kalk oder Baryt dargestellt werden. Das Benzol entsteht aus allen gewöhnlichen aromatischen Säuren unter Austritt von Kohlensäure. Das Toluol dagegen entsteht aus allen denjenigen Säuren, welche ausser den Carboxylen ein Methyl als Seitenkette enthalten. Ueberhaupt werden aromatische Säuren beim Erhitzen für sich oder mit Kalk oder Baryt in solche Verbindungen übergehen, die sich durch den Mindergehalt von ein oder mehreren $\Theta\Theta_2$ von der Säure unterscheiden.

Die hier beschriebenen Kohlenwasserstoffe zeigen unter einander zahlreiche interessante Isomerien. Gleich zusammengesetzt, aber in ihren Eigenschaften sehr verschieden, sind zunächst folgende Verbindungen: Aethylbenzol, $\Theta_6H_5\Theta_2H_5$, und Dimethylbenzol, $\Theta_6H_4\left\{\begin{matrix}\Theta H_3\\ \Theta H_3\end{matrix}\right.$; ferner Propylbenzol, $\Theta_6H_5\Theta_3H_7$, Aethylmethylbenzol, $\Theta_6H_4\left\{\begin{matrix}\Theta H_3\\ \Theta_2H_5\end{matrix}\right.$, und Trimethylbenzol, $\Theta_6H_3\left\{\begin{matrix}\Theta H_3\\ \Theta H_3\\ \Theta H_3\end{matrix}\right.$; ferner Diäthylbenzol, $\Theta_6H_4\left\{\begin{matrix}\Theta_2H_5\\ \Theta_2H_5\end{matrix}\right.$, und Aethyldimethylbenzol, $\Theta_6H_3\left\{\begin{matrix}\Theta H_3\\ \Theta H_3\\ \Theta_2H_5\end{matrix}\right.$. Die Isomerie dieser Kohlenwasserstoffe ist begründet in der verschiedenen Stellung der Alkoholradicale zum Benzolrest oder in der verschiedenen Anzahl der Seitenketten. Dass hier noch weitere zahlreiche Isomerien denkbar sind, liegt auf der Hand, insofern die verschiedene Structur der Seitenketten, die bei den Fettkörpern besprochen wurde, eine Verschiedenheit der Kohlenwasserstoffe veranlasst. So ist Propylbenzol isomer mit Isopropylbenzol. An die Isomerie der Kohlenwasserstoffe reiht sich diejenige der Substitutionsproducte, welche dadurch veranlasst wird, dass das Substitutionselement entweder in die Haupt- oder in die Seitenkette eintreten kann.

Im Zusammenhalt dieser beiden Isomerien kann man sich eine Vorstellung verschaffen von der ungemein grossen Anzahl von Derivaten des Benzols und seiner Homologen, d. h. der aus dem Benzol sich ableitenden Kohlenwasserstoffe. Wir wollen beispielsweise die Formeln der möglichen Verbindungen von den Formeln Θ_8H_9Cl und $\Theta_8H_8Cl_2$ hier anführen; Θ_8H_9Cl kann sein:

$\Theta_6H_4Cl, \Theta_2H_5$; $\Theta_6H_5, \Theta_2H_4Cl$;

$\Theta_6H_3Cl\left\{\begin{matrix}\Theta H_3\\ \Theta H_3\end{matrix}\right.$; $\Theta_6H_4\left\{\begin{matrix}\Theta H_2Cl\\ \Theta H_3\end{matrix}\right.$;

$\Theta_8H_8Cl_2$ kann sein:

$\Theta_6H_3Cl_2, \Theta_2H_5$; $\Theta_6H_4Cl, \Theta_2H_4Cl$; $\Theta_6H_5, \Theta_2H_3Cl_2$;

$\Theta_6H_2Cl_2\left\{\begin{matrix}\Theta H_3\\ \Theta H_3\end{matrix}\right.$; $\Theta_6H_3Cl\left\{\begin{matrix}\Theta H_2Cl\\ \Theta H_3\end{matrix}\right.$; $\Theta_6H_4\left\{\begin{matrix}\Theta HCl_2\\ \Theta H_3\end{matrix}\right.$; $\Theta_6H_4\left\{\begin{matrix}\Theta H_2Cl\\ \Theta H_2Cl\end{matrix}\right.$;

wobei wir noch keine Rücksicht auf die Stellung des Chlors in der Seitenkette genommen haben.

Die Thatsache, dass abgesehen von der erwähnten Isomerie der Kohlenwasserstoffe noch solche Verbindungen verschieden von einander sein können, welche bei gleicher Zusammensetzung die gleiche Anzahl gleicher Seitenketten besitzen, führt uns zur Annahme, dass die relative Stellung der Seitenketten zu einander von Einfluss auf den chemischen Charakter der Verbindung sei. Wir kennen also z. B. drei isomere Dimethylbenzole, deren chemische Ver-

schiedenheit wohl auch in einer Structurverschiedenheit ihren Grund haben muss, und können uns diese Structurverschiedenheit nicht anders denken, als darin begründet, dass die relative Stellung der Seitenketten verschieden ist.

Mit dem ausdrücklichen Bemerken, dass wir ein sehr drastisches Bild gebrauchen, wollen wir uns die Sache so vorstellen. Die auf Seite 395 gegebene Formel des Benzols zeigt uns die sechs Atome Kohlenstoff in der Gruppirung eines Sechsecks; sehen wir nun ganz ab von der Bindung der Kohlenstoffatome unter einander, sondern denken wir uns die sechs Atome Kohlenstoff als einen Massencomplex mit sechs verschiedenen Angriffspunkten, so können wir uns die aromatischen Verbindungen als Körper denken, die zunächst diesen Kern enthalten, woran sich verschieden grosse Atomgruppen durch Vermittlung jener sechs Angriffspunkte angeheftet haben. Im Benzol hängen sechs Atome Wasserstoff daran, im Toluol fünf Atome Wasserstoff und ein Methyl u. s. w.; es ist nun leicht verständlich, dass, obgleich die sechs Angriffspunkte selbst völlig gleichwerthig sind, es also einerlei ist, ob im Toluol das Methyl an einem oder dem anderen hängt, eine Verschiedenheit dieser sechs Angriffspunkte in dem Momente beginnt, sobald ein solcher Angriffspunkt beispielsweise mit einem Methyl beladen ist; es wird dann nicht einerlei sein, ob ein eintretendes Chloratom oder ein Methyl an dem, dem ersten benachbarten Angriffspunkt oder an einem anderen angeheftet wird, insofern fünf Ecken eines Sechsecks nicht alle in gleicher Beziehung zur sechsten Ecke stehen.

Der Formel des Benzols, die pag. 395 mitgetheilt ist, kann man folgende

H H
C C
Gestalt geben: HC CH, wobei die die Bindung andeutenden Striche
C C
H H

weggelassen sind. Es ist nun offenbar einerlei, welches von den sechs Wasserstoffatomen durch Methyl vertreten wird; es kann deshalb nur ein Methylbenzol oder Toluol geben, ebenso wie auch nur ein Monochlor- und ein Monobrom-benzol möglich ist. Dagegen wird es eine Verschiedenheit veranlassen, wenn ein zweites Methyl in das Toluol eintritt, ob sich dasselbe in die Nähe des ersten oder entfernter anlagert. Die Verbindungen mit den drei folgenden Formeln werden verschieden sein:

H H C C HC CCH_3; C C H CH_3	H H C C HC CCH_3; C C CH_3 H	H H C C CH_3C CCH_3. C C H H

Wenn wir die Wasserstoffatome des Benzols mit Nummern versehen und

5 6
C C
zwar in folgender Weise: 4 C C 1 , wo statt H die Nummern stehen, so
C C
3 2

sehen wir, dass wenn bei 1 Methyl steht, die Stellungen 2 und 6, 3 und 5, gleich stehen, während 4 abweicht. Es können also drei verschiedene relative Stellungen zweier Seitenketten stattfinden, nämlich 1. 2, 1. 3 und 1. 4 da 1. 5 identisch mit 1. 3 und 1. 6 identisch mit 1. 2 ist. Hiernach können immer drei verschiedene Körper mit zwei gleichen Seitenketten existiren. Es sind also drei Dimethylbenzole möglich, welche auch, wie wir gesehen haben, bekannt sind; aber auch drei isomere Dichlorbenzole oder Dibromben-

zole oder Monochlor- oder Monobromtoluole können existiren, welche Körper beispielsweise folgende Formeln haben:

```
      H   H          H   H          H   H
      Θ   Θ          Θ   Θ          Θ   Θ
   HΘ       ΘCl;  HΘ       ΘCl;  ClΘ       ΘCl (Dichlorbenzole);
      Θ   Θ          Θ   Θ          Θ   Θ
      H   Cl         Cl  H          H   H

      H   H          H   H          H   H
      Θ   Θ          Θ   Θ          Θ   Θ
   HΘ       ΘΘH₃; HΘ       ΘΘH₃; ClΘ       ΘΘH₃ (Monochlortoluole).
      Θ   Θ          Θ   Θ          Θ   Θ
      H   Cl         Cl  H          H   H
```

Nach demselben Princip berechnen wir die Anzahl der isomeren Verbindungen mit drei Seitenketten, und kommen z. B. zum Resultat, dass drei Trimethylbenzole existiren können, von denen zwei bekannt sind. Die Stellungen der Seitenketten in diesen Körpern sind: 1. 2. 3; 1. 2. 4 und 1. 3. 5; andere Stellungen sind nicht denkbar, indem 1. 2. 6 und 1. 5. 6 identisch mit 1. 2. 3, sowie 1. 2. 5, 1. 3. 4, 1. 3. 6, 1. 4. 5 und 1. 4. 6 identisch mit 1. 2. 4 sind. Verbindungen mit drei gleichen Seitenketten können demnach in drei verschiedenen Formen existiren. Es wäre nicht schwer, mit Hülfe des hier angedeuteten Princips die Structur der nach Tausenden zählenden Menge möglicher aromatischer Verbindungen im Voraus zu bestimmen. Die einzige Schwierigkeit, die auch nur durch das Studium der chemischen Eigenschaften der Körper überwunden werden kann, ist die Bestimmung, welche von den möglichen Formeln gerade einem vorliegenden Körper zukommt. Die erste Aufgabe ist dann, zu bestimmen, wie viele und welche Seitenketten eine aromatische Verbindung hat. Wie wir gesehen haben, entsteht die einbasische Benzoësäure durch Oxydation aus allen aromatischen Verbindungen mit einer kohlenstoffhaltigen Seitenkette, während Verbindungen mit zwei Seitenketten zweibasische Säuren liefern, im Allgemeinen also die Basicität der durch Oxydation erhaltenen Säuren die Anzahl der vorhandenen Seitenketten anzeigt. Weitaus schwieriger, in den meisten Fällen bis jetzt noch unmöglich, ist es, die relative Stellung der Seitenketten zu einander zu bestimmen.

II. Phenole.

1. Oxykohlenwasserstoffe.

a) Phenol, Phenylsäure, Phenylalkohol, Carbolsäure, $\Theta_6H_5\Theta H$. Das Phenol bildet sich bei der trockenen Destillation des Holzes und der Steinkohlen. Es wird aus dem Theer dargestellt und kommt unter dem Namen Kreosot in unreinem Zustande in den Handel. Zu seiner Darstellung wird am zweckmässigsten das schwere Steinkohlentheeröl, welches bei der trockenen Destillation der Steinkohlen erhalten wird und bei der Raffination des Theers erst nach dem leichten Steinkohlentheeröl übergeht und schwerer als Wasser ist, mit Kalilauge, welche Phenol und

seine Homologen auflöst, geschüttelt; aus der wässerigen Flüssigkeit wird das Phenol durch Salzsäure wieder abgeschieden und durch fractionirte Destillation gereinigt. Das reine Phenol krystallisirt gut, schmilzt bei 35 ° C. und siedet bei 188 ° C. Es ist schwer löslich in Wasser und verhält sich gegen Basen wie eine schwache Säure. Natrium löst sich darin auf unter Bildung von Phenolnatrium, $ϴ_6H_5ϴNa$. Der Methyläther des Phenols ist das Anisol, $ϴ_6H_5ϴϴH_3$, welches bei der Destillation von Anissäure mit Baryt und bei der Einwirkung von Methyljodid auf Phenolnatrium entsteht. Das Anisol ist flüssig und siedet bei 152 ° C. Durch Erhitzen mit conc. Jodwasserstoffsäure wird es in Phenol und Methyljodid zersetzt.

Das Phenol liefert mit Chlor, Brom und Jod Substitutionsproducte in grosser Anzahl. Concentrirte Salpetersäure erzeugt bei der Einwirkung auf Phenol Pikrinsäure, $ϴ_6H_2(Nϴ_2)_3\,ϴH$, oder Trinitrophenol. Mehrere andere Körper, wie Indigo, Anilin und einige Harze, werden ebenfalls durch conc. Salpetersäure in Pikrinsäure verwandelt. Die Pikrinsäure krystallisirt in gelben Prismen oder Tafeln, ist in kaltem Wasser schwer, in heissem leichter löslich; löst sich leicht in Alkohol. Sie bildet mit Basen zum Theil wohl krystallisirende Salze.

b) Kresol, $ϴ_6H_4\left\{\begin{matrix}ϴH_3\\ϴH\end{matrix}\right.$, im Steinkohlentheer enthalten, siedet bei 203 ° C.

c) Phlorol, $ϴ_8H_{10}ϴ$, entsteht aus der Phloretinsäure bei der trocknen Destillation ihres Barytsalzes.

d) Thymol, $ϴ_{10}H_{14}ϴ$ oder $ϴ_6H_3\left\{\begin{matrix}ϴH_3\\ϴ_3H_7\\ϴH\end{matrix}\right.$, kommt im Thymianöl neben Cymol, $ϴ_{10}H_{14}$, vor; es krystallisirt in schönen Tafeln, die bei 44 ° C. schmelzen; es siedet bei 230 ° C.

2. Bioxykohlenwasserstoffe.

a) Hydrochinon, Brenzcatechin und Resorcin, $ϴ_6H_4\left\{\begin{matrix}ϴH\\ϴH\end{matrix}\right.$, sind drei isomere Bioxybenzole, deren Verschiedenheit nach den pag. 507 angedeuteten Principien erklärt werden muss. Das Hydrochinon entsteht bei der trocknen Destillation der Chinasäure sowie bei der Einwirkung von Bleisuperoxyd auf die wässerige Lösung derselben. Es krystallisirt in farblosen Prismen, die bei 177 ° C. schmelzen und in Wasser und Alkohol leicht löslich sind. Durch Oxydationsmittel wird es leicht in Chinon,

$C_6H_4\left\{\begin{matrix}O\\O\end{matrix}\right>$, übergeführt, das in goldgelben Plättchen krystallisirt, bei 116° C. schmilzt und in Wasser ziemlich schwer, in Alkohol dagegen leicht löslich ist. Beim Einleiten von schwefliger Säure in Wasser, in welchem Chinon suspendirt ist, entsteht Hydrochinon. Als Zwischenproduct wird hierbei leicht grünes Hydrochinon erhalten, welches sich aus 1 Mol. Chinon und 1 Mol. Hydrochinon zusammensetzt und die Formel $C_{12}H_{10}O_4$ hat. Durch Oxydation der Chinasäure mit Braunstein und Schwefelsäure, sowie bei der trocknen Destillation vieler Pflanzenextracte entsteht Chinon.

Chlorsubstitutionsproducte des Chinons können sowohl durch Einwirkung von Chlor auf Chinon, als auch durch Erhitzen von Phenol, Indigo und Anilin mit Salzsäure und chlorsaurem Kali dargestellt werden. Das Tetrachlorchinon, $C_6Cl_4O_2$, wird Chloranil genannt.

Brenzcatechin, Oxyphensäure, entsteht bei der trocknen Destillation der Protocatechusäure und der Moringerbsäure. Es ist krystallisirbar, schmilzt bei 112° C. und löst sich leicht in Wasser, Alkohol und Aether.

Resorcin entsteht beim Schmelzen von Galbanum, Asa foetida und Acaroïdharz mit Kalihydrat. Es schmilzt bei 99° C. und siedet bei 171° C.

Das Guajacol, welches durch trockene Destillation des Guajacharzes gewonnen wird und im Buchenholztheer enthalten ist, ist der Methyläther des Brenzcatechins und hat die Formel $C_6H_4\left\{\begin{matrix}OCH_3\\OH\end{matrix}\right.$.

b) Orcin, $C_6H_3\left\{\begin{matrix}CH_3\\OH\\OH\end{matrix}\right.$, wird aus vielen Flechten gewonnen, in denen es fertig gebildet enthalten zu sein scheint. Es krystallisirt in grossen schönen, farblosen Prismen, die bei 86° C. schmelzen, es siedet bei 290° C.

3. Trioxykohlenwasserstoffe.

a) Pyrogallussäure oder Pyrogallol, $C_6H_3\left\{\begin{matrix}OH\\OH\\OH\end{matrix}\right.$, wird beim Erhitzen der Gallussäure erhalten; sie bildet blättrige oder nadelförmige Krystalle, die sich in Wasser leicht lösen; ihre Lösung, mit Kalilauge alkalisch gemacht, absorbirt mit Begierde Sauerstoff, wobei die Pyrogallussäure oxydirt wird.

b) Isomer ist das Phloroglucin, welches beim Erhitzen von Phloretin, Quercetin, Drachenblut, Gummigutt und Kino mit

Kalihydrat erhalten wird. Es bildet rhombische Krystalle, die bei 220° C. schmelzen.

Die Phenole zeigen in ihrer Constitution grosse Aehnlichkeit mit den Alkoholen, weichen jedoch wesentlich in ihren Eigenschaften von diesen ab, indem alle Veränderung der Alkohole, die nicht nur im Hydroxyl vor sich gehen, wesentlich von denen der Phenole verschieden sind. Die Phenole geben bei der Oxydation keine Säuren, dagegen liefern sie Aether wie die Alkohole, und es kann der Hydroxylwasserstoff vorzüglich leicht durch Acetyl oder andere Säureradicale ersetzt werden, z. B. bei der Einwirkung der Chloride der Säureradicale. Bezüglich ihrer Zersetzbarkeit durch Alkalien stimmen die Aether der Phenole mit den Aethern der Alkohole überein. Phosphorchlorür oder Phosphorsuperchlorid bewirken in vielen Fällen einen Ersatz des Hydroxyls der Phenole durch Chlor. Die Phenole können, ausser auf den beschriebenen Wegen, auch noch mit Hülfe einiger Reactionen gewonnen werden, die ganz allgemein anwendbar sind. Erhitzt man eine aromatische Oxysäure, z. B. Salicylsäure oder Gallussäure, so entweicht Kohlensäure und es werden Phenole gebildet.

Die Carboxylgruppe der aromatischen Säuren giebt hierbei CO_2 ab, und wo vorher CO_2H stand, steht nachher H. Es ist also die Bildung der Phenole aus aromatischen Oxysäuren ganz analog der Bildung der Kohlenwasserstoffe aus den gewöhnlichen aromatischen Säuren, was aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

$$\underset{\text{Benzoësäure}}{C_6H_5CO_2H} = \underset{\text{Benzol}}{C_6H_5H} + CO_2$$

$$\underset{\text{Salicylsäure}}{C_6H_4\begin{cases}OH\\CO_2H\end{cases}} = \underset{\text{Phenol.}}{C_6H_4\begin{cases}OH^{*)}\\H\end{cases}} + CO_2$$

Die Einführung von Hydroxyl in die Hauptkette der aromatischen Verbindungen ist nicht direct, wohl aber auf Umwegen möglich; bei der Einwirkung von wasserfreier, rauchender oder concentrirter Schwefelsäure auf aromatische Verbindungen entstehen Sulfosäuren, welche die Gruppe SO_3H an der Hauptkette enthalten. Diese Sulfosäuren verwandeln sich nun beim Schmelzen mit Kalihydrat, indem OH an Stelle von SO_3H tritt, in Hydroxylverbindungen; durch diese beiden Operationen ist also indirect eine Substitution von Wasserstoff durch Hydroxyl zu Wege gebracht worden, da die Bildung der Sulfosäure eine Vertretung von Wasserstoff durch Sulfuroxyl darstellt.

Es mag hier noch angeführt werden, dass man den im Phenol mit Hydroxyl verbundenen Rest C_6H_5 Phenyl genannt und demnach das Benzol als Phenylwasserstoff und das Phenol als Phenylalkohol bezeichnet hat, welcher Benennung die Idee zu Grunde liegt, das Phenyl sei dem Aethyl, C_2H_5, und anderen einwerthigen Alkoholradicalen analog. In der That spielt das Phenyl auch sehr häufig eine ganz ähnliche Rolle, wie die eigentlichen Alkoholradicale; es kann z. B. ebenso wie Aethyl in den Aethern enthalten sein. Die Analogie des Phenyls und Aethyls, die übrigens, das muss ausdrücklich bemerkt werden, nur eine formale ist, lässt sich noch an einer Anzahl von Verbindungen nachweisen.

Den in den Bioxybenzolen enthaltenen Rest hat man Phenylen genannt, analog dem Aethylen, und demnach könnte man das Hydrochinon als Phenylenalkohol bezeichnen. Die Analogie von Aethyl und Aethylen mit Phenyl und Phenylen ist eine nahezu vollständige, wie aus folgender Zusammensetzung ersichtlich:

---

*) Oder C_6H_5OH.

C_2H_5, Aethyl	$C_2H_5 \cdot OH$; Aethylalkohol	C_6H_5, Phenyl	$C_6H_5 \cdot OH$ Phenylalkohol
C_2H_4, Aethylen	$C_2H_4\begin{cases}OH\\OH\end{cases}$; Aethylenalkohol	C_6H_4, Phenylen	$C_6H_4\begin{cases}OH\\OH\end{cases}$ Hydrochinon.

Während übrigens Aethylen in freiem Zustande existiren kann, scheint Phenylen nicht als solches bestehen zu können. Das Analogon des Diäthyls, des freien Radicals Aethyl, ist das Diphenyl ($C_6H_5—C_6H_5$), welches bei der Einwirkung von Natrium auf Brombenzol erhalten wird und in schönen Tafeln krystallisirt, bei 70,5° C. schmilzt und bei 239—240° C. siedet.

III. Säuren.

1. Einbasische Säuren.

a) Benzoësäure, $C_7H_6O_2$ oder $C_7H_5O_2H$ oder C_6H_5COOH, findet sich fertig gebildet im Benzoëharz, im Harz von Styrax benzoïn und zuweilen im Harn pflanzenfressender Thiere. Künstlich wird sie durch Oxydation vieler aromatischer Kohlenwasserstoffe sowie vieler anderer aromatischer Verbindungen erhalten. Interessant ist ihre Synthese aus Monobrombenzol, Natrium und Kohlensäure, welche Reaction eine allgemeine Bildungsweise aromatischer Säuren darstellt. Der Process verläuft nach folgender Gleichung: $C_6H_5Br + 2Na + CO_2 = NaBr + C_6H_5COONa$.

Die Benzoësäure bildet sich ferner bei Einwirkung von Säuren oder Alkalien auf Hippursäure, sowie bei vorsichtigem Erhitzen von Phtalsäure mit Kalk. Zu ihrer Darstellung verwendet man entweder Benzoëharz, aus welchem man die Benzoësäure sowohl durch Sublimation, als auch durch Extraction mit Kalkmilch abscheiden kann, oder Phtalsäure oder Hippursäure.

Die Benzoësäure schmilzt bei 121° C. und siedet bei 250° C. Sie ist in kaltem Wasser schwer, in siedendem Wasser, sowie in Alkohol und Aether leicht löslich; sie krystallisirt in weissen Nadeln oder Plättchen. Beim Erhitzen ihrer wässerigen Lösung verflüchtigt sie sich mit den Wasserdämpfen. Die Benzoësäure ist einbasisch und bildet nur eine Reihe von Salzen. Der benzoësaure Kalk, $(C_7H_5O_2)_2Ca$, krystallisirt in glänzenden säulenförmigen Prismen. Er ist in heissem Wasser leicht löslich.

Die Derivate der Benzoësäure stehen den entsprechenden Derivaten der Essigsäure, bezüglich Bildung und Constitution so nahe, dass wir deren Beschreibung unterlassen können. Das Radical der Benzoësäure, C_7H_5O, wird Benzoyl genannt; dasselbe

verhält sich dem Acetyl sehr ähnlich und kann wie dieses in viele Verbindungen eingeführt werden.

Die Hippursäure, $\text{Ɵ}_9H_9N\text{Ɵ}_3$, ist ein Glycocoll, in welchem ein mit Stickstoff verbundenes Wasserstoffatom durch Benzoyl vertreten ist. Sie kommt in kleiner Menge im normalen Menschenharn, dagegen in beträchtlicherer Menge im Harn der pflanzenfressenden Thiere vor. Sie bildet grosse, farblose, rhombische Prismen, die in kaltem Wasser schwer löslich sind. Die Hippursäure ist einbasisch; sie zerfällt beim Kochen mit Salzsäure oder Alkalien in Benzoësäure und Glycocoll; salpetrige Säure verwandelt sie in Benzoylglycolsäure; hiernach geben wir ihr folgende Structurformel, welche die erwähnten Reactionen am besten erklärt:

$$\text{ƟH}_2\begin{cases}\text{NHƟ}_7\text{H}_5\text{Ɵ}\\\text{ƟƟƟH}\end{cases} + \text{H}_2\text{Ɵ} = \text{ƟH}_2\begin{cases}\text{NH}_2\\\text{ƟƟƟH}\end{cases} + \text{Ɵ}_7\text{H}_6\text{Ɵ}_2;$$

Hippursäure — Glycocoll — Benzoësäure

$$\text{ƟH}_2\begin{cases}\text{NHƟ}_7\text{H}_5\text{Ɵ}\\\text{ƟƟƟH}\end{cases} + \text{NƟ}_2\text{H} = \text{ƟH}_2\begin{cases}\text{ƟƟ}_7\text{H}_5\text{Ɵ}\\\text{ƟƟƟH}\end{cases} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{Ɵ}$$

Benzoylglycolsäure.

Die Benzoësäure liefert eine grosse Reihe von Substitutionsproducten, und wir beobachten auch bei diesen die interessante Thatsache, dass die relative Stellung des substituirenden Elementes zur Carboxylgruppe der Benzoësäure von Einfluss auf die Eigenschaften der Verbindungen ist. So kennt man mehrere Monochlor- und Monobrombenzoësäuren sowie mehrere Mononitrobenzoësäuren.

Wir wollen hier beispielsweise die Darstellung zweier Mononitrobenzoësäuren anführen.

Lässt man sehr concentrirte Salpetersäure oder ein Gemisch von Schwefelsäure und Salpetersäure auf Benzoësäure einwirken, so entsteht eine in Nadeln krystallisirende und bei 141—142° C. schmelzende Nitrobenzoësäure, während durch Oxydation des Nitrotoluols eine in Blättchen krystallisirende und bei 240° C. schmelzende Säure gebildet wird; letztere Säure hat den Namen Paranitrobenzoësäure oder Nitrodracylsäure erhalten. Beide Säuren haben die Formel $\text{Ɵ}_7H_5(N\text{Ɵ}_2)\text{Ɵ}_2$.

Der Grund dieser Erscheinung ist wohl darin zu suchen, dass die Gruppe $N\text{Ɵ}_2$ sich zu einer Carboxylgruppe anders stellt, als zu einer Methylgruppe; nimmt man z. B. an, Carboxyl in der Benzoësäure und Methyl im Toluol stehen an der Stelle 1 (pag. 507), so tritt die Nitrogruppe in die Benzoësäure an die Stelle 3 und in das Toluol an die Stelle 4; es ist dann selbstverständlich, dass durch Oxydation des so erhaltenen Nitrotoluols eine andere Nitrobenzoësäure erhalten werden muss, als die ist, welche durch di-

recte Nitrirung der Benzoësäure entsteht, da durch die Oxydation des Nitrotoluols dessen Methylgruppe in Carboxyl verwandelt wird, ohne ihren Platz zu verändern; wenn also im Nitrotoluol die beiden Gruppen CH_3 und NO_2 die Stellung 1, 4 hatten, so wird die daraus entstehende Nitrobenzoësäure $COOH$ und NO_2 ebenfalls in der Stellung 1, 4 enthalten.

Benzoësäurealdehyd ist das Bittermandelöl, C_7H_6O oder C_6H_5COH; dasselbe entsteht durch Zersetzung des in den bitteren Mandeln enthaltenen Amygdalins. Aqua amygdalarum amararum und Aqua laurocerasi sind sehr verdünnte wässerige Lösungen von Bittermandelöl und Blausäure, welche letztere sich stets bei der Zersetzung des Amygdalins neben Bittermandelöl und Zucker bildet. Zur Darstellung des Bittermandelöls werden, durch Auspressen vom fetten Oele befreite, bittere Mandeln mit Wasser übergossen, und die Flüssigkeit nach einigen Tagen abdestillirt. Das Bittermandelöl geht mit den Wasserdämpfen über und bleibt zum Theil darin gelöst. So dargestellt ist es immer blausäurehaltig. Künstlich kann Bittermandelöl durch trockne Destillation eines Gemisches von benzoësaurem und ameisensaurem Kalk erhalten werden. Mit sauren schwefligsauren Alkalien bildet es wie alle Aldehyde eine krystallisirende Verbindung, aus der es durch Destillation mit einer Lösung von kohlensaurem Natron blausäurefrei abgeschieden werden kann.

Das Bittermandelöl ist eine stark lichtbrechende, in Wasser schwer lösliche Flüssigkeit, die bei 180° C. siedet. Durch Oxydationsmittel wird es in Benzoësäure, durch Wasserstoff im Entstehungszustand in Benzylalkohol, $C_6H_5CH_2OH$, verwandelt. Phosphorsuperchlorid erzeugt daraus das Chlorobenzol, $C_6H_5CHCl_2$.

Benzylalkohol, C_7H_8O oder $C_6H_5CH_2OH$, ist der Alkohol, der sich zur Benzoësäure verhält, wie der Aethylalkohol zur Essigsäure. Er zeigt alle Reactionen eines Alkohols. Sein Radical ist Benzyl, C_7H_7 oder $C_6H_5CH_2$. Dasselbe kommt im Peru- und Tolubalsam vor. Wie oben angegeben dargestellt, bildet der Benzylalkohol eine stark lichtbrechende, bei 207° C. siedende Flüssigkeit. Benzylchlorid (pag. 504) ist das Chlorid des Radicals des Benzylalkohols.

Benzophenon, $C_{13}H_{10}O$ oder $C_6H_5CO\,C_6H_5$, ist der Keton der Benzoësäure, der bei der trocknen Destillation von benzoësaurem Kalk entsteht. Es bildet farblose, monoklinometrische Krystalle, die in Alkohol und Aether leicht, in Wasser sehr schwer löslich sind und bei 48° C. schmelzen. Es siedet bei 315° C.

Von den Homologen der Benzoësäure mit einer Seitenkette haben wir noch zu erwähnen:

Alphatoluylsäure, $C_6H_5CH_2COOH$. Diese Säure entsteht

aus der Vulpinsäure beim Kochen mit Barythydrat neben Methylalkohol und Oxalsäure; ferner aus Benzylcyanid, $C_6H_5CH_2Cy$, welches aus Benzylchlorid (pag. 504) erhalten werden kann. Die Säure krystallisirt in Plättchen, die in Wasser löslich sind und bei 76,5° C. schmelzen. Sie ist unzersetzt flüchtig und siedet bei 261—262° C.

Hydrozimmtsäure, $C_6H_5CH_2\ CH_2COOH$, entsteht aus Zimmtsäure bei Einwirkung von Natriumamalgam. Sie krystallisirt in feinen Nadeln, die in heissem Wasser und in Alkohol leicht löslich sind, bei 47° C. schmelzen und bei 280° C. unzersetzt verflüchtigt werden.

An diese Säuren schliesst sich die Zimmtsäure, $C_9H_8O_2$ oder $C_6H_5CH\ CHCOOH$, an, welche sich zur Hydrozimmtsäure verhält wie die Acrylsäure zur Propionsäure. Die Zimmtsäure kommt fertig gebildet im Storax (als Zimmtsäure-Zimmtäther) sowie im Peru- und Tolubalsam (als Zimmtsäurebenzyläther) vor und wird am praktischsten aus Storax dargestellt, indem man diesen längere Zeit mit Sodalösung oder Kalilauge kocht. Das so in Lösung überführte zimmtsaure Natron wird durch Salzsäure zersetzt, wobei die Zimmtsäure niederfällt. Künstlich kann die Zimmtsäure durch Einwirkung von Acetylchlorid auf Bittermandelöl erhalten werden. Sie bildet leicht schöne prismatische Krystalle, die bei 133° C. schmelzen.

Cinnamol. C_9H_8O, ist der Aldehyd der Zimmtsäure. Es findet sich im Zimmtöl und Cassiaöl.

Styron oder Styrylalkohol, $C_9H_{10}O$, ist der Alkohol der Zimmtsäure. Er wird aus dem Storax durch Destillation mit Kalilauge gewonnen. Er krystallisirt in farblosen, glänzenden Nadeln; schmilzt bei 33° C. und siedet bei 250° C.

Styrol, C_8H_8 oder $C_6H_5CHCH_2$, ist im Storax enthalten, aus dem es durch Destillation mit Wasser abgeschieden werden kann. Es bildet sich auch beim Erhitzen von Zimmtsäure mit Baryt oder Wasser, sowie beim Erhitzen von Acetylengas. Es ist eine farblose Flüssigkeit, die bei 140° C. siedet.

Die genannten Verbindungen gehören in diejenige Klasse von aromatischen Verbindungen, in welchen in der Seitenkette einmal doppelte Bindung der Kohlenstoffatome stattfindet, und reihen sich in ihrem chemischen Verhalten den analogen Körpern der Fettgruppe an. Die Zimmtsäure kann als Phenylacrylsäure angesehen werden, d. h. als eine Acrylsäure, in welcher ein Atom Wasserstoff durch Phenyl vertreten ist. Cinnamol ist dann Phenylacroleïn, Styron, Phenylallylalkohol und Styrol, Phenyläthylen. Diese Beziehungen werden aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

$CH_2CHCOOH$,	$CH(C_6H_5)CHCOOH$;
Acrylsäure	Zimmtsäure

CH_2CHCOH , Acroleïn	$CH(C_6H_5)CHCOH$; Cinnamol
CH_2CHCH_2OH, Allylalkohol	$CH(C_6H_5)CHCH_2OH$; Styron
CH_2CH_2 , Aethylen	$CH(C_6H_5)CH_2$ Styrol.

Homologe der Benzoësäure mit mehreren Seitenketten sind folgende Säuren:

a) Toluylsäure, $C_8H_8O_2$ oder $C_6H_4\begin{cases}CH_3\\COOH\end{cases}$, entsteht aus Xylol durch Oxydation, sowie bei gleichzeitiger Einwirkung von Natrium und Kohlensäure auf Monobromtoluol. Sie ist in Wasser nicht leicht löslich, schmilzt bei 176° C. und ist sublimirbar. Durch Oxydation des Orthoxylols mit verdünnter Salpetersäure erhält man eine der Toluylsäure isomere Säure, welche Orthotoluylsäure genannt wird. Dieselbe ist in kaltem Wasser wenig löslich, in heissem leicht; sie schmilzt bei 102° C.

b) Cuminsäure, $C_{10}H_{12}O_2$ oder $C_6H_4\begin{cases}C_3H_7\\COOH\end{cases}$, entsteht neben Cuminalkohol beim Kochen des Cuminols mit alkoholischer Kalilösung. Sie schmilzt bei 113° C.

Cuminol, $C_{10}H_{12}O$ oder $C_6H_4\begin{cases}C_3H_7\\COH\end{cases}$, ist der Aldehyd der Cuminsäure; es findet sich neben Cymol im Römisch Kümmelöl. Es bildet ein farbloses, bei 237° C. siedendes Oel.

Cuminalkohol, $C_{10}H_{14}O$ oder $C_6H_4\begin{cases}C_3H_7\\CH_2OH\end{cases}$, entsteht wie oben angegeben, und ist eine farblose Flüssigkeit von angenehmem Geruch, die bei 243° C. siedet.

c) Xylylsäure, $C_9H_{10}O_2$ oder $C_6H_3\begin{cases}CH_3\\CH_3\\COOH\end{cases}$, und die isomere Paraxylylsäure, entstehen gleichzeitig bei der Oxydation des Pseudocumols. Beide sind krystallisirbar. Die erstere schmilzt bei 126° C., die letztere bei 163° C. Die Xylylsäure liefert beim Erhitzen mit Kalk Isoxylol und die Paraxylsäure unter den gleichen Bedingungen Orthoxylol.

Eine dritte Säure von gleicher Zusammensetzung und mit drei Seitenketten ist die Mesitylensäure, welche durch Oxydation des Mesitylens mit verdünnter Salpetersäure erhalten wird. Dieselbe ist in kaltem Wasser fast unlöslich, schmilzt bei 166° C. und ist unzersetzt sublimirbar.

2. Einbasische Oxysäuren.

a) Oxybenzoësäuren.

α) Salicylsäure, $\Theta_7H_6\Theta_3$ oder $\Theta_6H_4\begin{cases}\Theta H\\ \Theta\Theta\Theta H\end{cases}$, kommt als Methyläther im Wintergrünöl vor, aus dem sie durch Erwärmung mit Kalilauge und Zersetzen des so erhaltenen Kalisalzes mit Salzsäure erhalten wird. Auch beim Schmelzen des Salicins mit Kalihydrat wird das Kalisalz der Salicylsäure gebildet. Künstlich kann sie aus Phenolnatrium und Kohlensäure dargestellt werden. Sie ist in kaltem Wasser sehr schwer, in heissem leichter löslich, krystallisirt in farblosen prismatischen Säulen und schmilzt bei 155° C. Beim raschen Erhitzen zerfällt sie in Kohlensäure und Phenol. Ihre wässrige Lösung wird durch Eisenchlorid tief violett gefärbt.

Die Salicylsäure zeigt als aromatische Oxysäure sowohl das Verhalten einer Säure als auch eines Phenols. Als Säure bildet sie Aether, in denen das Alkoholradical an Stelle des Wasserstoffs im Carboxyl steht. Als Phenol ist sie dagegen auch im Stande Verbindungen zu bilden, welche sich dem Anisol anreihen. Eine Lösung von Salicylsäure in alkoholischer Kalilauge giebt beim Erhitzen mit Methyljodid den Methylsalicylsäuremethyläther, $\Theta_6H_4\begin{cases}\Theta\Theta H_3\\ \Theta\Theta\Theta\Theta H_3\end{cases}$, aus welchem durch Kalilauge die Methylsalicylsäure, $\Theta_6H_4\begin{cases}\Theta\Theta H_3\\ \Theta\Theta\Theta H\end{cases}$, abgeschieden wird. Lässt man Acetylchlorid auf Salicylsäure einwirken, so erhält man neben Salzsäure die Acetylsalicylsäure, $\Theta_6H_4\begin{cases}\Theta\Theta_2H_3\Theta\\ \Theta\Theta\Theta H\end{cases}$.

Salicylige Säure (auch Salylsäure genannt), $\Theta_7H_6\Theta_2$ oder $\Theta_6H_4\begin{cases}\Theta H\\ \Theta\Theta H\end{cases}$, ist der Aldehyd der Salicylsäure. Sie entsteht bei der Oxydation des Salicins. Sie wird bei — 20° C. fest und krystallinisch und siedet bei 196° C. Sie verbindet sich als Aldehyd mit sauren schwefligsauren Alkalien und mit Ammoniak und giebt bei der Oxydation Salicylsäure.

Saligenin, $\Theta_7H_8\Theta_2$, ist der Alkohol, welcher sich zur Salicylsäure und zur salicyligen Säure verhält wie Aethylalkohol zur Essigsäure und zum Acetaldehyd. Es hat die Formel $\Theta_6H_4\begin{cases}\Theta H\\ \Theta H_2\Theta H\end{cases}$. Es entsteht beim Behandeln von Salicin mit Emulsin (einem in den Mandeln enthaltenen Eiweisskörper, der durch sein Verhalten zu Salicin und Amygdalin charakterisirt ist), sowie bei Einwirkung von Natriumamalgam auf salicylige Säure und Wasser. Das Saligenin bildet schöne tafelförmige Krystalle, die in heissem Wasser, Alkohol und Aether löslich sind und bei 82° C. schmelzen.

β) **Oxybenzoësäure**, $\Theta_7H_6\Theta_3$ oder $\Theta_6H_4\left\{\begin{matrix}\Theta H\\ \Theta\Theta\Theta H\end{matrix}\right.$ (der Salicylsäure isomer), entsteht beim Schmelzen von sulfobenzoësaurem Kali mit Kalihydrat, Ansäuren der Schmelze mit Schwefelsäure und Ausschütteln der Säure aus der wässerigen sauren Flüssigkeit mit Aether. Beim Verdunsten des Aethers bleibt die Säure zurück. Sie ist in heissem Wasser leicht löslich, krystallisirt in quadratischen Tafeln und schmilzt bei 200° C.

Die **Methyloxybenzoësäure** wird in gleicher Weise aus Oxybenzoësäure dargestellt, wie die Methylsalicylsäure aus der Salicylsäure.

γ) **Paraoxybenzoësäure oder Oxydracylsäure**, $\Theta_7H_6\Theta_3$ oder $\Theta_6H_4\left\{\begin{matrix}\Theta H\\ \Theta\Theta\Theta H\end{matrix}\right.$, entsteht beim Schmelzen von Anissäure mit Kalihydrat, sowie bei gleicher Behandlung aus Drachenblut, Aloë und Acaroïdharz. Sie ist in kaltem Wasser leicht löslich; krystallisirt in wasserhellen, säulenförmigen Prismen und schmilzt bei 210° C. Ihre wässerige Lösung giebt mit Eisenchlorid keine violette Färbung.

Methylparaoxybenzoësäure, Anissäure, $\Theta_6H_4\left\{\begin{matrix}\Theta\Theta H_3\\ \Theta\Theta\Theta H\end{matrix}\right.$, kann sowohl aus der Paraoxybenzoësäure dargestellt werden, als auch durch Oxydation des Anisaldehyds (anisylige Säure) und des Anethols (Bestandtheil des Anisöls). Die Anissäure bildet farblose prismatische Krystalle, die bei 175° C. schmelzen. Beim Erhitzen mit Kalk wird sie in Anisol und Kohlensäure zerlegt.

Anisaldehyd, Anisylige Säure, $\Theta_6H_4\left\{\begin{matrix}\Theta\Theta H_3\\ \Theta\Theta H\end{matrix}\right.$, entsteht bei der Oxydation des Anisöls, Fenchelöls und ähnlicher ätherischer Oele. Sie ist flüssig, siedet bei 253—255° C., hat einen gewürzhaften Geruch. Sie verbindet sich mit sauren schwefligsauren Alkalien.

Anisalkohol, $\Theta_6H_4\left\{\begin{matrix}\Theta\Theta H_3\\ \Theta H_2\Theta H\end{matrix}\right.$, entsteht beim Erwärmen von Anisaldehyd mit alkoholischer Kalilauge. Er bildet farblose prismatische Krystalle, schmilzt bei 20° C. und siedet bei 200° C. Oxydationsmittel verwandeln ihn in Anisaldehyd und Anissäure.

b) **Mandelsäure**, $\Theta_8H_8\Theta_3$ oder $\Theta_6H_5\Theta H\left\{\begin{matrix}\Theta H\\ \Theta\Theta\Theta H\end{matrix}\right.$, entsteht beim Erwärmen von Bittermandelöl mit Blausäure und Salzsäure. Sie ist in Wasser, Alkohol und Aether leicht löslich, liefert beim Erhitzen Bittermandelöl und harzige Producte; Jodwasserstoff führt sie in Alphatoluylsäure über, Bromwasserstoff aber in Bromalpha-

toluylsäure $C_6H_5CHBrCOOH$. Diese beiden Processe verlaufen nach folgenden Gleichungen:

$$C_6H_5CH\left\{\begin{matrix}OH\\COOH\end{matrix}\right. + 2HJ = \underset{\text{Alphatoluylsäure}}{C_6H_5CH_2COOH} + H_2O + J_2$$

$$C_6H_5CH\left\{\begin{matrix}OH\\COOH\end{matrix}\right. + HBr = \underset{\text{Bromalphatoluylsäure.}}{C_6H_5CHBrCOOH} + H_2O$$

Oxydationsmittel führen sie in Benzoësäure über.

Die Mandelsäure kann als Phenylglycolsäure angesehen werden, d. h. als eine Glycolsäure, in welcher ein mit Kohlenstoff direct verbundenes Wasserstoffatom durch Phenyl vertreten ist. Die Beziehung tritt in folgender Vergleichung hervor:

$$\underset{\text{Glycolsäure.}}{CH_2\left\{\begin{matrix}OH\\COOH\end{matrix}\right.} \qquad CH(C_6H_5)\left\{\begin{matrix}OH\\COOH\end{matrix}\right.$$

c) Bioxybenzoësäuren.

α) Oxysalicylsäure, $C_7H_6O_4$ oder $C_6H_3\left\{\begin{matrix}OH\\OH\\COOH\end{matrix}\right.$, wird aus der Monojodsalicylsäure (aus Salicylsäure durch Einwirkung von Jod auf ihre alkalische Lösung darstellbar) durch Kochen mit Kalilauge dargestellt. Sie ist in Wasser leicht löslich und schmilzt bei 193° C. Ihre Lösung wird von Eisenchlorid tiefblau gefärbt. Sie ist sehr unbeständig; bei 200—210° C. zersetzt sie sich in Kohlensäure und Brenzcatechin und Hydrochinon.

β) Protocatechusäure (der vorigen isomer), entsteht beim Schmelzen von Piperinsäure, Catechu und vielen Harzen mit Kalihydrat. Sie ist in kaltem Wasser leicht löslich und schmilzt bei 199° C. Ihre Lösung wird von Eisenchlorid dunkelblaugrün gefärbt.

d) Trioxybenzoësäure.

Gallussäure, $C_7H_6O_5$ oder $C_6H_2\left\{\begin{matrix}(OH)_3\\COOH\end{matrix}\right.$, wird am leichtesten durch eine Gährung aus Gerbsäure gewonnen. Durch Ausziehen von Mangokörnern und von Divi-Divi mit heissem Wasser kann man diesen Stoffen die in ihnen enthaltene, fertig gebildete Gallussäure entziehen. Auch in den Galläpfeln ist die Gallussäure, wenn auch in geringer Menge, fertig gebildet enthalten. Die Säure bildet feine weisse, seideglänzende Nadeln, die gegen 200° C. schmelzen; sie ist leicht zersetzbar in Kohlensäure und Pyrogallussäure; löst sich schwer in kaltem, leicht in siedendem Wasser.

Concentrirte Schwefelsäure verwandelt die Gallussäure in Rufigallussäure, $C_7H_4O_4$.

3. Mehrbasische Säuren.

a) Benzoldicarbonsäuren.

α) Phtalsäure, $C_8H_6O_4$ oder $C_6H_4\begin{cases}COOH\\COOH\end{cases}$, wird bei der Oxydation des Naphtalins, des Alizarins und Purpurins erhalten. Sie bildet farblose Krystalle, die in kaltem Wasser schwer, in heissem leicht löslich sind; ebenso sind sie leicht löslich in Alkohol und Aether. Die Säure schmilzt bei 175° C. Beim Erhitzen für sich zerfällt die Phtalsäure in Wasser und Phtalsäureanhydrid, $C_6H_4\begin{cases}CO\\CO\end{cases}>O$; erhitzt man sie mit wenig Kalk, so entsteht Benzoësäure und Kohlensäure.

β) Isophtalsäure, $C_6H_4\begin{cases}COOH\\COOH\end{cases}$, entsteht bei der Oxydation des Isoxylols (pag. 505). Sie ist in Wasser, Alkohol und Aether schwerer löslich, als die Phtalsäure. Sie schmilzt über 300° C.

γ) Terephtalsäure, $C_6H_4\begin{cases}COOH\\COOH\end{cases}$, wird durch Oxydation aus vielen aromatischen Kohlenwasserstoffen sowie aus Terpentinöl erhalten. Sie ist in Wasser, Alkohol und Aether fast unlöslich; beim Erhitzen verflüchtigt sie sich ohne zu schmelzen.

b) Toluoldicarbonsäuren.

α) Xylidinsäure, $C_9H_8O_4 = C_6H_3\begin{cases}CH_3\\COOH\\COOH\end{cases}$, entsteht bei der Oxydation des Pseudocumols und bildet eine weisse, amorphe, in Wasser schwer lösliche Masse. Sie schmilzt bei 280—283° C.

β) Uvitinsäure oder Mesidinsäure, $C_6H_3\begin{cases}CH_3\\COOH\\COOH\end{cases}$, entsteht neben Mesitylensäure bei der Oxydation des Mesitylens sowie beim Kochen von Brenztraubensäure (pag. 464) mit Barythydrat. Sie ist in Wasser schwer, in Alkohol und Aether leicht löslich, bildet farblose nadelförmige Krystalle und schmilzt bei 287 bis 288° C.

c) Trimesinsäure, $C_9H_6O_6$ oder $C_6H_3\begin{cases}COOH\\COOH\\COOH\end{cases}$, entsteht bei der Oxydation der Mesitylensäure und Uvitinsäure. Sie ist in kaltem Wasser schwer löslich, krystallisirt in farblosen Prismen und schmilzt über 300° C.

d) **Mellithsäure oder Honigsteinsäure**, $C_{12}H_6O_{12}$ oder $C_6(COOH)_6$, ist ein Bestandtheil des Honigsteins (honigsteinsaure Thonerde) aus dem sie auch dargestellt wird. Sie bildet feine Nadeln, die in Wasser und Alkohol leicht löslich sind.

Von den hier genannten aromatischen Säuren liefern beim Erhitzen mit überschüssigem Kalk Benzol folgende: Benzoësäure, Phtalsäure, Isophtalsäure, Terephtalsäure, Trimesinsäure und Honigsteinsäure; Toluol folgende: Alphatoluylsäure, Toluylsäure, Xylidinsäure und Uvitinsäure; Dimethylbenzol folgende: Xylylsäure, Paraxylylsäure und Mesitylensäure; Phenol folgende: Salicylsäure, Oxybenzoësäure und Paraoxybenzoësäure; Bioxybenzol folgende: Oxysalicylsäure und Protocatechusäure. Durch Oxydation werden alle diejenigen Säuren in Benzoësäure verwandelt, welche nur eine Seitenkette enthalten. Die zwei Seitenketten enthaltenden Säuren liefern bei ihren Oxydationen eine Benzoldicarbonsäure (ausgenommen die Oxysäuren).

Die Isomerie der Xylylsäure, Paraxylylsäure und Mesitylensäure, der Salicylsäure, Oxybenzoësäure und Paraoxybenzoësäure, ferner der Phtalsäure, Isophtalsäure und Terephtalsäure, sowie der Xylidinsäure und Uvitinsäure hat ihren Grund in der verschiedenen relativen Stellung der in diesen Säuren enthaltenen Seitenketten zu einander.

Bezüglich der Bildung der gewöhnlichen Derivate der Säuren, als der Salze, Aether, Anhydride, Substitutionsproducte, zeigen die Säuren untereinander sowie mit der Benzoësäure und den Säuren der Fettgruppe grosse Aehnlichkeit. Die aromatischen Säuren bilden leicht Nitrosubstitutionsproducte, wodurch sie sich von den Fettkörpern unterscheiden. Ausserdem ist es eine allgemeine Eigenschaft der in dem Kerne oder in der Hauptkette der aromatischen Verbindungen enthaltenen Substitutionselemente, dass dieselben fester an den Kohlenstoff gebunden sind, als es in der Regel bei den Substitutionsproducten der Fettkörper der Fall ist.

Durch Einwirkung von Schwefelsäure auf aromatische Verbindungen kann eine grosse Anzahl von Säuren dargestellt werden, die man unter dem Namen der Sulfosäuren begreift. Das Benzol liefert z. B. mit Schwefelsäure eine Benzolsulfosäure, $C_6H_5SO_3H$ und mehrere Benzoldisulfosäuren $C_6H_4\begin{cases}SO_3H\\SO_3H\end{cases}$.

Im Allgemeinen gilt bezüglich deren Bildung das Gleiche, was für die Bildung der Substitutionsproducte massgebend ist. Bei der Bildung der Sulfosäuren tritt SO_3H an Stelle von H in die Hauptkette. Dadurch entstehen aus Kohlenwasserstoffen Säuren und aus Säuren mehrbasische Säuren. Die Benzoësäure ist einbasisch, die Sulfobenzoësäure, $C_6H_4\begin{cases}COOH\\SO_3H\end{cases}$, zweibasisch. Es wird also die Basicität der Säure um 1 vermehrt, wenn ein SO_3H eintritt, und um 2, wenn zwei SO_3H eintreten. Es ist eine allgemeine Reaction der Sulfosäuren, beim Schmelzen ihrer Kalisalze mit Kalihydrat den Rest SO_3H gegen OH auszutauschen, wodurch aus den Sulfosäuren Oxysäuren entstehen. So wird z. B. die Oxybenzoësäure aus Sulfobenzoësäure dargestellt; der Process verläuft nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Sulfobenzoësaures Kali}}{C_6H_4\begin{cases}SO_3K\\COOK\end{cases}} + KOH = \underset{\text{Oxybenzoësaures Kali}}{C_6H_4\begin{cases}OH\\COOK\end{cases}} + \underset{\text{Schwefligsaures Kali.}}{K_2SO_3}$$

IV. Amidoderivate.

Die Nitrosubstitutionsproducte der aromatischen Verbindungen werden durch Reductionsmittel, wie Natriumamalgam, Zinn und Salzsäure, Eisen und Essigsäure, Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium und andere, in Substanzen verwandelt, welche weniger Sauerstoff und schliesslich mehr Wasserstoff enthalten. Bei den meisten Nitroverbindungen ist man im Stande den Process bei jeder der Phasen zu unterbrechen, welche in Folgendem aufgezählt sind, wobei R irgend ein mit $N\Theta_2$ verbundener aromatischer Rest darstellen möge:

$2RN\Theta_2$ Nitroverbindung	$- \Theta_3$	$=$	$RN\Theta NR$ Azoxyverbindung
$R_2N_2\Theta$ Azoxyverbindung	$- \Theta$	$=$	$RNNR$ Azoverbindung
R_2N_2 Azoverbindung	$+ H_2$	$=$	RNH_2NR Hydrazoverbindung
$R_2N_2H_2$ Hydrazoverbindung	$+ H_2$	$=$	$2RNH_2$ Amidoverbindung.

Die Endproducte der Reduction der Nitroverbindungen sind also die Amidoverbindungen, wobei 2 Mol. Nitroverbindung 2 Mol. Amidoverbindung liefern. Die Zwischenproducte setzen sich dagegen aus den Resten von zwei Mol. Nitroverbindung zusammen. Hiernach kann die Zusammensetzung und die Constitution der Reductionsproducte von Nitroverbindungen leicht bestimmt werden. Ist in einer aromatischen Verbindung die Gruppe $N\Theta_2$ zweimal enthalten, so kann selbstverständlich eine noch grössere Anzahl von Verbindungen daraus erzeugt werden; schliesslich wird eine Diamidoverbindung daraus entstehen. Es liegt auf der Hand, dass der Stickstoff der Gruppe NH_2 in der Amidoverbindung an derselben Stelle steht wie derjenige der Gruppe $N\Theta_2$ in der Nitroverbindung.

Reductionsproducte des Nitrobenzols.

Azoxybenzol, $\Theta_{12}H_{10}N_2\Theta$ oder $\Theta_6H_5N\Theta N\Theta_6H_5$, entsteht neben Azobenzol, $\Theta_{12}H_{10}N_2$ oder $\Theta_6H_5NN\Theta_6H_5$, bei der Behandlung von Nitrobenzol mit Natriumamalgam oder alkoholischem Kali. Beide Verbindungen sind gefärbt. Erstere bildet gelbe Nadeln, die in Wasser unlöslich sind und bei 36° C. schmelzen, letz-

teres bildet rothe Nadeln, die in Wasser unlöslich sind und bei 66,5° C. schmelzen. Azobenzol destillirt unzersetzt bei 293° C.; es kann auch durch Oxydation des Anilins erhalten werden.

Hydrazobenzol, $C_{12}H_{12}N_2$ oder $C_6H_5NH_2NC_6H_5$, bildet sich bei der Behandlung von Azoxybenzol oder Azobenzol mit Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium. Es bildet Tafeln, die bei 131° C. schmelzen.

Anilin, C_6H_7N oder $C_6H_5NH_2$ (Phenylamin, Kyanol, Amidobenzol). Das Anilin entsteht bei der trockenen Destillation des Indigos, sowie der Steinkohlen. Es ist in geringer Menge im Steinkohlentheer enthalten. Aus Nitrobenzol erhält man es durch Reduction. Bei der Darstellung im Grossen wendet man zur Reduction des Nitrobenzols Eisen und Essigsäure an.

Das reine Anilin ist flüssig, hat ein spec. Gew. = 1,036, erstarrt erst bei — 70 bis — 80° C. und siedet bei 184° C., ist in Wasser schwer löslich. Eine wässerige Lösung von Anilin färbt Fichtenholz intensiv gelb. Sehr geringe Mengen von Anilin bewirken in einer Chlorkalklösung eine purpurviolette Färbung. Das Anilin ist eine starke Base, verbindet sich mit Säuren zu krystallisirbaren Salzen und verhält sich in vieler Beziehung den Monaminen (pag. 471) analog.

Der Wasserstoff der Gruppe NH_2 kann durch Alkoholradicale vertreten werden, und die dadurch entstandenen Verbindungen können Ammoniumbasen liefern. Auch durch Säureradicale lässt sich der Wasserstoff der Gruppe NH_2 vertreten. Die dabei entstehenden Körper werden Anilide genannt. Eine Substitution von Wasserstoff durch Chlor, Brom, Jod oder NO_2 geschieht immer in der Hauptkette, ebenso tritt die Gruppe SO_3H immer an den Kohlenstoff. Wir wollen von jeder dieser Arten von Verbindungen eine anführen.

α) Salzsaures Anilin, $C_6H_5NH_2HCl$.

β) Aethylanilin, $C_6H_5NHC_2H_5$, entsteht bei der Einwirkung von Aethylbromid auf Anilin.

γ) Diäthylanilin, $C_6H_5N(C_2H_5)_2$, entsteht bei Einwirkung von Aethylbromid auf die vorige Verbindung.

δ) Triäthylphenylammoniumjodid, $C_6H_5N(C_2H_5)_3J$, entsteht bei der Einwirkung von Aethyljodid auf Diäthylanilin.

ε) Diphenylamin, $(C_6H_5)_2NH$, bildet sich beim Erhitzen von Anilin mit salzsaurem Anilin, nach der Gleichung: $C_6H_5NH_2 + C_6H_5NH_2HCl = (C_6H_5)_2NH + NH_4Cl$.

ζ) Acetanilid, $C_6H_5NHC_2H_3O$, entsteht beim Erhitzen von Eisessig mit Anilin.

η) Chloranilin, $C_6H_4ClNH_2$, entsteht bei Einwirkung von Chlor auf Anilin; Trichloranilin, $C_6H_2Cl_3NH_2$, wird ebenso erzeugt, ist keine Base. Durch Eintritt des Chlors, Broms oder

Jods in das Anilin wird dessen basische Eigenschaft mehr und mehr abgeschwächt.

ϑ) Nitranilin, $C_6H_4(NO_2)NH_2$, kann nicht aus Anilin durch Nitriren erhalten werden, sondern wird durch Kochen von Nitroacetanilid, das durch Nitrirung des Acetanilids gewonnen werden kann, mit Kalilauge dargestellt. Ein isomeres Paranitranilin entsteht bei der Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf eine ammoniakalische Lösung von Dinitrobenzol in Alkohol, wobei nur die eine Gruppe NO_2 des Dinitrobenzols in die Gruppe NH_2 verwandelt wird.

Salpetrige Säure erzeugt in der Kälte aus Anilin interessante Verbindungen. Leitet man salpetrige Säure in eine Lösung von salpetersaurem Anilin, so entsteht das salpetersaure Diazobenzol; wenn man dagegen reines Anilin anwendet, so entsteht Diazoamidobenzol. Diese beiden Verbindungen entstehen nach folgenden Gleichungen:

$$C_6H_5NH_2\ NO_3H + NO_2H = C_6H_5N_2\ NO_3 + 2H_2O$$

Salpetersaures Anilin — Salpetersaures Diazobenzol

$$2C_6H_5NH_2 + NO_2H = C_6H_5N_2\ C_6H_5NH + 2H_2O$$

Anilin oder Amidobenzol — Diazo-amido-benzol.

Die Constitution dieser Verbindungen wird aus folgender Betrachtung erschlossen. Ammoniak und salpetrige Säure zersetzen sich in Stickstoff und Wasser. Man kann nun annehmen, dass dieser Process in zwei Phasen verlaufe, die durch folgende Gleichungen ausgedrückt werden: $NH_3 + NOOH = HNNOH + H_2O$; $HNNOH = NN + H_2O$. Das Amidobenzol ist nun ein Ammoniak, in welchem ein H durch C_6H_5 vertreten ist. Es verläuft nun die Einwirkung der salpetrigen Säure nach der Gleichung: $C_6H_5NH_2 + NOOH = C_6H_5NNOH$ (Diazobenzolhydrat) $+ H_2O$. Das so gebildete Diazobenzolhydrat wird sich im ersten der beiden obigen Fälle sogleich mit Salpetersäure, an welche das Anilin gebunden war, umsetzen, und salpetersaures Diazobenzol liefern nach der Gleichung: $C_6H_5NNOH + NO_3H = C_6H_5NN\ NO_3 + H_2O$. Im zweiten der beiden obigen Fälle wird sich das erst entstandene Diazobenzolhydrat mit Anilin umsetzen zu Diazo-amidobenzol und Wasser nach Gleichung: $C_6H_5NNOH + C_6H_5NH_2 = C_6H_5NN\ NHC_6H_5 + H_2O$. Die Structur der beiden Verbindungen wäre folgende: Salpetersaures Diazobenzol, $C_6H_5{-}N{=}N{-}O{-}NO_2$; Diazo-amidobenzol: $C_6H_5{-}N{=}N{-}NHC_6H_5$. Das salpetersaure Diazobenzol zersetzt sich beim Erwärmen seiner wässerigen Lösung in Stickstoff, Salpetersäure und Phenol nach der Gleichung: $C_6H_5NN\ NO_3 + H_2O = C_6H_5OH + NO_3H + N_2$. Es ist also durch diese Reaction OH an diejenige Stelle im Benzol getreten, wo vorher Stickstoff angebunden war. Somit lässt sich aus einer Nitroverbindung durch Vermittlung der Amidoverbindung und der Diazoverbindung eine Oxyverbindung darstellen. Aber auch Brom oder Jod lässt sich an die gleiche Stelle bringen, da die Diazoverbindung durch die Haloidsäuren in Stickstoff und Brom- oder Jod-benzol zersetzt wird nach der Gleichung: $C_6H_5NN\ SO_4H$ (schwefelsaures Diazobenzol, aus schwefelsaurem Anilin darstellbar) $+ HJ = C_6H_5J + SO_4H_2 + N_2$.

Die für das Anilin beschriebenen Reactionen sind allgemein. Alle aromatischen Nitroverbindungen lassen sich in Amidoverbindungen umwandeln und diese können in Diazoverbindungen übergeführt werden, aus welchen dann

sowohl Oxyverbindungen, als auch Haloidsubstitutionsproducte entstehen können. Folgende Gleichungen mögen die ganze Suite von Processen ausdrücken, wobei R den anfänglich mit $N\Theta_2$ verbundenen Theil der aromatischen Verbindung bezeichnen mag.

$RN\Theta_2 + H_6$ Nitroverbindung	=	$RNH_2 + 2H_2\Theta$ Amidoverbindung
$RNH_2 + N\Theta_2H$	=	$RNN\Theta H + H_2\Theta$ Diazoverbindung
$RNN\Theta H$	=	$R\Theta H + N_2$ Oxyverbindung
$RNN\Theta H + HCl$	=	$RCl + N_2 + H_2\Theta$ Chlorverbindung
$RNN\Theta H + HJ$	=	$RJ + N_2 + H_2\Theta$ Jodverbindung.

In den Derivaten des Nitrobenzols bedeutet R C_6H_5, in denjenigen der Nitrobenzoësäure $C_6H_4\,C\Theta\Theta H$. Die Umwandlung der Amidoverbindungen in Oxyverbindungen lässt sich direct bewerkstelligen, wenn man salpetrige Säure in der Wärme auf Amidoverbindungen einwirken lässt, weil sich unter diesen Bedingungen eine Diazoverbindung in eine Oxyverbindung verwandelt.

Anilinfarben.

Das Nitrotoluol wird durch Reductionsmittel in **Amidotoluol** oder **Toluidin**, C_7H_9N oder $C_6H_4\left\{\begin{matrix}CH_3\\NH_2\end{matrix}\right.$ verwandelt. Erhitzt man ein Gemisch von Anilin und Toluidin (rohes, käufliches Anilin) mit gewissen Oxydationsmitteln, so bildet sich eine Base, das **Rosanilin**, welches die Formel $C_{20}H_{19}N_3$ oder $\left.\begin{matrix}C_6H_4\\(C_7H_6)_2\\H_3\end{matrix}\right\}N_3$ hat. Das einfach salzsaure Salz dieser Base ist das **Fuchsin**, der schöne rothe Farbestoff. Lässt man Aethyljodid oder andere Alkoholradicaljodide oder Anilin auf die Salze des Rosanilins einwirken, so werden die drei mit Stickstoff verbundenen Wasserstoffatome der Reihe nach durch Alkoholradicale oder Phenyl vertreten und es entstehen dabei z. B. **Triäthylrosanilin** (Anilinviolett) oder **Triphenylrosanilin** (Anilinblau). Die Constitution des Rosanilins kann durch folgende Formel ausgedrückt werden:

$$\begin{matrix}C_6H_3(CH_3)-NH-C_6H_4\\ | \qquad\qquad\qquad\quad | \\ NH-C_6H_3(CH_3)-NH\end{matrix}$$

Weitere aromatische Verbindungen.

a) **Chinasäure**, $C_7H_{12}\Theta_6$ oder $C_6H_{11}C\Theta\Theta H$, wird als Nebenproduct bei der Darstellung des Chinins gewonnen. Sie ist fertig gebildet in den Chinarinden und in einigen anderen Pflanzenstoffen enthalten. Die freie Säure bildet farblose, rhombische Prismen,

die in Wasser leicht, in Alkohol schwer löslich sind und bei 162° C. schmelzen. Die Chinasäure liefert bei ihrer Oxydation mit Braunstein und Schwefelsäure Chinon. Jodwasserstoffsäure reducirt sie beim Erhitzen zu Benzoësäure. Im thierischen Organismus wird sie gleichfalls in Benzoësäure verwandelt, worauf sie als Hippursäure ausgeschieden wird.

b) Cumarsäure. $C_9H_8O_3$ oder $C_6H_4\begin{cases}OH\\ C_2H_2COOH\end{cases}$, bildet sich beim Kochen des Cumarins mit Kalilauge.

Cumarin, $C_9H_6O_2$ oder $C_6H_4\begin{cases}O\text{———}\\ C_2H_2CO\end{cases}\!\!>$ ist das Anhydrid der Cumarsäure. Dasselbe findet sich in freiem Zustande im Waldmeister, sowie in den Tonkabohnen und kann künstlich durch Einwirkung von Essigsäureanhydrid auf salicyligsaures Natrium (aus salicyliger Säure und Natronhydrat zu erhalten) dargestellt werden. Das Cumarin bildet farblose Krystallsäulen, die bei 67° C. schmelzen; es siedet bei 270° C. Der Geruch des Cumarins gleicht dem des Waldmeisters.

Cumarsäure ist ihrer Zusammensetzung nach als Oxyzimmtsäure zu betrachten. Wie die Zimmtsäure sich zur Hydrozimmtsäure verhält, so verhält sich die Cumarsäure zur Melilotsäure, welche sich im Steinklee mit Cumarin verbunden findet. Die Beziehungen der Zimmtsäure und Cumarsäure zu einander, sowie zur Hydrozimmtsäure und Melilotsäure wird durch folgende Zusammenstellung klar:

$$\underset{\text{Zimmtsäure}}{C_6H_5\,CH{=}CH{-}COOH};\qquad \underset{\text{Hydrozimmtsäure}}{C_6H_5CH_2-CH_2{-}COOH}$$

$$\underset{\text{Cumarsäure}}{C_6H_4\begin{cases}OH\\ CH{=}CH{-}COOH\end{cases}};\qquad \underset{\text{Melilotsäure.}}{C_6H_4\begin{cases}OH\\ CH_2-CH_2-COOH\end{cases}}$$

Diese Beziehung der Cumarsäure zur Melilotsäure wird bestätigt durch die Verwandlung von Cumarin in Melilotsäure bei Einwirkung von Natriumamalgam. Das Cumarin nimmt hierbei zuerst H_2O auf und geht in Cumarsäure über, welche sich mit H_2 zu Melilotsäure verbindet.

c) Tyrosin, $C_9H_{11}NO_3$ oder $C_6H_3\begin{cases}NHC_2H_5\\ OH\\ COOH\end{cases}$, ist ein Zersetzungsproduct vieler Thierstoffe, vorzüglich der Eiweisskörper. Es bildet sich sowohl bei deren Fäulniss, als auch bei der Einwirkung starker Säuren oder Alkalien auf dieselben. Selten kommt es im thierischen Organismus vor. Es ist eine schwache Base, die sich mit Säuren nur zu sehr unbeständigen Verbindungen vereinigt. Das Tyrosin bildet lange seideglänzende Nadeln, die in Wasser und Weingeist schwer löslich sind. Die Constitutionsformel ist noch nicht sicher festgestellt. Man betrachtet es

als ein Derivat der Paraoxybenzoësäure, weil diese Säure beim Schmelzen des Tyrosins mit Kalihydrat entsteht.

d) Indigogruppe.

Das unter dem Namen Indigo im Handel vorkommende Farbematerial ist ein Gemenge verschiedener gefärbter Substanzen, von denen das Indigblau allein Werth hat. Der Indigo wird aus verschiedenen Arten der Gattung Indigofera gewonnen. Aus dem Waid hat man eine Substanz erhalten, welche man als Indican bezeichnet hat und woraus durch Kochen mit verdünnten Säuren neben einer Zuckerart Indigblau abgeschieden wird.

Der käufliche Indigo liefert nach successiver Behandlung mit kochender Essigsäure, Kalilauge und Alkohol einen Rückstand, der wesentlich aus Indigblau besteht. Das Indigblau wird daraus entweder durch Sublimation rein gewonnen oder durch Behandlung mit Alkohol, Kali und Traubenzucker in Lösung gebracht und aus dieser Lösung beim Stehen an der Luft krystallinisch abgeschieden.

In die Lösung geht bei diesem Reinigungsverfahren ein Reductionsproduct des Indigblaus, das Indigweiss, welches sich übrigens leicht in Indigblau verwandelt.

Das Indigblau hat die Formel $Ɵ_{16}H_{10}N_2Ɵ_2$. Das durch Sublimation gewonnene Indigblau bildet purpurfarbene Krystallblätter. Es ist unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, Alkalien und verdünnten Säuren.

Bringt man Indigblau in alkalischen Flüssigkeiten mit Reductionsmitteln zusammen, so entsteht Indigweiss, $Ɵ_{16}H_{12}N_2Ɵ_2$.

Salpetersäure verwandelt Indigblau in Isatin, $Ɵ_{16}H_{10}N_2Ɵ_4$, welches in rothbraunen Prismen krystallisirt.

Bei stärkerer Einwirkung concentrirter Salpetersäure auf Indigblau entstehen Nitrosalicylsäure und Pikrinsäure.

Beim längeren Kochen von Indigblau mit Kalilauge unter Zusatz von Braunstein entsteht Anthranilsäure, $Ɵ_7H_5(NH_2)Ɵ_2$. Schmelzendes Kali verwandelt es in Salicylsäure. Es ist neuerdings gelungen, durch Reduction aus dem Isatin wieder Indigblau zu erhalten. Leichter entstehen bei der Reduction des Isatins folgende neue Verbindungen: Dioxindol, $Ɵ_{16}H_{14}N_2Ɵ_4$, Isatyd, $Ɵ_{16}H_{12}N_2Ɵ_4$, Oxindol, $Ɵ_{16}H_{14}N_2Ɵ_2$ und Indol, $Ɵ_{16}H_{14}N_2$. Das Indol ist künstlich durch Schmelzen von Nitrozimmtsäure, $Ɵ_6H_4(NƟ_2)Ɵ_2H_2ƟƟƟH$, mit überschüssigem Kalihydrat dargestellt worden.

Diese Entstehung des Indols, welches den Kern des Indigblaus, seiner Oxydationsproducte und weiteren Derivate bildet, sowie die angeführten Spaltungen, wobei aromatische Verbindungen entstehen, zeigen deutlich den Zusammenhang des Indigblaus mit den anderen aromatischen Verbindungen.

In concentrirter Schwefelsäure löst sich Indigblau auf. Verdünnt man hierauf mit Wasser, so bleibt eine Sulfosäure, die Phönizinschwefelsäure, $C_{16}H_9N_2O_2SO_3H$, gelöst; eine andere Sulfosäure, die Indigblauschwefelsäure $C_{16}H_8N_2O_2(SO_3H)_2$, wird niedergeschlagen. Das Kalisalz dieser zweiten Säure wird im Grossen dargestellt und kommt unter dem Namen Indigcarmin in den Handel.

C. Naphtalin.

Bei der Einwirkung starker Hitze auf organische Verbindungen entsteht, neben anderen Producten,

Naphtalin, $C_{10}H_8$. Es ist daher dieser Kohlenwasserstoff im Theer, und zwar in ziemlich beträchtlicher Menge, enthalten. Durch Destillation kann er aus dem Theer gewonnen werden, wobei man die zwischen 170 und 200° C. übergehenden Destillate besonders auffängt. Das hierbei sich abscheidende rohe Naphtalin wird durch Umkrystallisiren aus Alkohol oder durch Sublimation gereinigt. Es bildet in reinem Zustande weisse, glänzende, blättrige Krystalle, die bei 79° C. schmelzen und bei 216° C. ohne Zersetzung flüchtig sind. Es ist in Wasser unlöslich, dagegen leicht löslich in Alkohol und Aether.

Chlor erzeugt aus dem Naphtalin eine Reihe von Körpern, unter denen Naphtalinbichlorid, $C_{10}H_8Cl_2$, und Naphtalintetrachlorid, $C_{10}H_8Cl_4$, sowie deren Substitionsproducte enthalten sind. Die Einwirkung von Chlor lässt zuerst das Naphtalinbichlorid entstehen, welches eine gelbe, mit Wasser nicht mischbare Flüssigkeit darstellt; alsdann entsteht das Tetrachlorid, das fest ist und in farblosen Plättchen krystallisirt, welche bei 160° C. schmelzen und in Wasser unlöslich, dagegen in Alkohol und namentlich in Aether löslich sind. Bei fortgesetzter Einwirkung von Chlor können sehr chlorreiche Verbindungen erhalten werden. Bichlornaphtalintetrachlorid, $C_{10}H_6Cl_2Cl_4$, liefert beim Kochen mit alkoholischem Kali Tetrachlornaphtalin, $C_{10}H_4Cl_4$, welches durch Chlor schliesslich in Perchlornaphtalin, $C_{10}Cl_8$ übergeführt werden kann.

Concentrirte Salpetersäure verwandelt das Naphtalin in Nitronaphtaline, welche bis zu $4NO_2$ enthalten. Das Nitronaphtalin, $C_{10}H_7NO_2$, bildet gelbe, rhombische Säulen, die bei 63° C. schmelzen. Es wird durch Reduction in Amidonaphtalin, $C_{10}H_7NH_2$, verwandelt. Das Amidonaphtalin oder Naphtalidin krystallisirt in weissen Nadeln, die bei 50° C. schmelzen und sich bei 300° C. verflüchtigen. Es verbindet sich mit Säuren, ist in Wasser unlöslich, in Alkohol leicht löslich. Ebenso verhalten sich

die anderen Nitronaphtaline, die durch Reduction in die entsprechenden Amidonaphtaline übergeführt werden.

Concentrirte Schwefelsäure liefert bei der Einwirkung auf Naphtalin zwei Sulfosäuren, nämlich: Naphtalinsulfosäure, $C_{10}H_7SO_3H$, und Naphtalindisulfosäure, $C_{10}H_6(SO_3H)_2$. Die erstere bildet zerfliessliche Krystalle und ist einbasisch, die letztere bildet blättrige Krystalle und ist zweibasisch.

Durch Schmelzen mit Kalihydrat werden beide Sulfosäuren in Oxynaphtaline verwandelt. Die Naphtalinsulfosäure liefert Oxynaphtalin oder Naphtol, $C_{10}H_7OH$, welches weisse, bei 86° C. schmelzende, nadelförmige Krystalle bildet und sich bei 281° C. unzersetzt verflüchtigt; die Naphtalindisulfosäure liefert Dioxynaphtalin, $C_{10}H_6(OH)_2$, welches in Alkohol, Aether und Chloroform leicht, in Wasser schwer löslich ist, nicht ohne Zersetzung zu schmelzen scheint, und sich bei 230° C. färbt, ohne zu schmelzen.

Unterchlorige Säure erzeugt aus Naphtalin neben anderen Körpern die Verbindung $C_{10}H_{10}Cl_2O_2$, nach der Gleichung: $C_{10}H_8 + 2ClHO = C_{10}H_{10}Cl_2O_2$. Diese Substanz liefert, mit alkoholischem Kali behandelt, den Naphtenalkohol, $C_{10}H_8(OH)_4$.

Wird salzsaures Naphtalidin mit salpetrigsaurem Kali und Salpetersäure erwärmt, so entsteht unter heftiger Stickstoffentwicklung das Dinitronaphtol, $C_{10}H_5(NO_2)OH$, welches in Wasser fast unlöslich, in Alkohol, Aether und Benzol schwer löslich ist. Seine Bildung wird durch folgende Gleichungen versinnlicht: $C_{10}H_9N\ HCl$ (salzsaures Naphtalidin) $+ NO_2H = C_{10}H_6N_2HCl$ (salzsaures Diazonaphtol) $+ 2H_2O$; $C_{10}H_6N_2\ HCl + H_2O = C_{10}H_8O$ (Naphtol) $+ N_2 + HCl$; $C_{10}H_8O + 2NO_3H = C_{10}H_6(NO_2)_2O$ (Dinitronaphtol) $+ 2H_2O$, wonach der Process in drei Phasen zerfiele. Das Natronsalz des Dinitronaphtols, $C_{10}H_5(NO_2)_2ONa$, wird als gelbe Farbe für Seide oder Wolle unter dem Namen Naphtalingelb in den Handel gebracht.

Wird naphtalinsulfosaures Kali mit Cyankalium erhitzt, so entsteht Cyannaphtyl, $C_{10}H_7Cy$, welches farblose, in Wasser unlösliche Krystalle bildet, die bei 33,5° C. schmelzen und sich bei 296—300° C. unzersetzt verflüchtigen. Durch Kochen mit alkoholischem Kali verwandelt es sich unter Ammoniakentwicklung in das Kalisalz der Menaphtoxylsäure, $C_{10}H_7COOH$, woraus die freie Säure durch Salzsäure als ein in kaltem Wasser unlöslicher, in Weingeist leicht löslicher Niederschlag erhalten wird. Die Menaphtoxylsäure zerfällt beim Kochen mit Barythydrat in Naphtalin und Kohlensäure.

Naphtalingelb wird bei der Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salzsäure in Bichlornaphtochinon, $C_{10}H_4Cl_2\left\{\begin{matrix}O\\O\end{matrix}\right\rangle$ verwandelt, welches bei 187° C. schmilzt und durch Reductionsmittel

in **Bichlorbioxynaphtalin**, $C_{10}H_4Cl_2(OH)_2$, übergeführt wird. Alkalien lösen das Bichlornaphtochinon auf und verwandeln es in **Chloroxynaphtochinon** oder **Monochlornaphtalinsäure**,

$C_{10}H_4Cl\left\{\begin{matrix}\left.\begin{matrix}O\\O\end{matrix}\right>\\OH\end{matrix}\right.$, welche gelbe, in Wasser unlösliche, in Weingeist lösliche Nadeln bildet, die bei 200° C. schmelzen. Reducirende Agentien führen diese Substanz in **Monochlortrioxynaphtalin**, $C_{10}H_4Cl(OH)_3$, über. Das Bichlornaphtochinon und das Chloroxynaphtochinon entstehen auch bei der Behandlung der chlorreicheren Substitutionsproducte des Naphtalins mit Salpetersäure.

Naphtalin sowie mehrere Derivate desselben liefern bei der Behandlung mit Oxydationsmitteln Phtalsäure.

Die einfachste Formel des Naphtalins ist folgende:

```
      b   a
H  H :   : H  H
C==C--C- -C==C
|     : || :    |
C==C--C--C==C
H  H :   : H  H
```

, welche ausdrückt, dass das Naphtalin aus zwei Benzolringen besteht, welche zwei Atome Kohlenstoff gemeinsam haben. Durch diese Formel werden die Verwandlungen des Naphtalins am besten erklärt, namentlich wird die Bildung der Phtalsäure leicht verständlich. Die sämmtlichen Derivate des Naphtalins haben in den Derivaten des Benzols ihre Analoga. Den Chlor- und Nitrosubstitutionsproducten des Naphtalins entsprechen diejenigen des Benzols, das Naphtol entspricht dem Phenol, das Naphtalidin dem Anilin, das Bioxynaphtalin dem Hydrochinon, die Menaphtoxylsäure der Benzoësäure und das Bichlornaphtochinon dem Dichlorchinon, was aus den angegebenen Formeln leicht ersichtlich ist.

D. Anthracen.

Aus den hochsiedenden Theilen des Theers kann ein Kohlenwasserstoff abgeschieden werden, dem die Formel $C_{14}H_{10}$ zukommt und den man mit dem Namen **Anthracen***) bezeichnet hat. Das Anthracen ist in Benzol, Aether und Schwefelkohlenstoff leicht, in Alkohol schwer löslich; es schmilzt bei 210—213° C. und siedet über 360° C. In ganz reinem Zustande ist es rein weiss, fluorescirt stark und bildet schöne, grosse, tafelförmige Krystalle.

*) Für das Anthracen wird manchmal auch der Name „**Photen**" gebraucht.

Eine Lösung von Anthracen in Benzol mit einer Lösung von Pikrinsäure in Benzol vermischt, liefert schöne rothe Krystalle der Verbindung ($C_{14}H_{10}$ + $C_6H_2(NO_2)_3OH$).

Concentrirte Jodwasserstoffsäure oder Natriumamalgam in alkoholischer Lösung verwandelt das Anthracen in Anthracenbihydrür, $C_{14}H_{12}$, und Anthracenhexahydrür, $C_{14}H_{16}$.

Bibromanthracen, $C_{14}H_8Br_2$, entsteht, wenn man in, in Schwefelkohlenstoff gelöstes, Anthracen langsam Brom einträpfeln lässt. Es schmilzt bei 221° C., löst sich in Benzol, besser in Toluol oder Xylol. Ein weiteres Product der Einwirkung von Brom auf Anthracen oder auf Bibromanthracen ist das Bibromanthracentetrabromid, $C_{14}H_8Br_2Br_4$. Diese Verbindung schmilzt unter Abgabe von HBr bei 170—180° C. Alkoholische Kalilauge verwandelt sie bei schwachem Erwärmen in Tetrabromanthracen, $C_{14}H_6Br_4$, das bei 254° C. schmilzt.

Aehnliche Derivate liefert das Anthracen mit Chlor.

Durch Oxydationsmittel, wie Salpetersäure oder chromsaures Kali und Schwefelsäure, wird das Anthracen in Oxanthracen oder Anthrachinon, $C_{14}H_8O_2$ oder $C_{14}H_8\left\{\begin{matrix}O\\O\end{matrix}\right>$, verwandelt, welches sich zum Anthracen verhält wie das Chinon zum Benzol. Das Anthrachinon schmilzt bei 273° C. und sublimirt in schönen gelben Nadeln. Brom erzeugt aus dem Anthrachinon Bibromanthrachinon, $C_{14}H_6Br_2O_2$. Dieselbe Verbindung kann man übrigens leichter aus Tetrabromanthracen durch Oxydation mit chromsaurem Kali und Salpetersäure erhalten.

Binitroanthrachinon, auch Oxybinitrophoten genannt, $C_{14}H_6(NO_2)_2O_2$, entsteht bei der Behandlung von Anthracen mit Salpetersäure neben Anthrachinon.

Beim Erhitzen mit festem Kalihydrat und wenig Wasser wird aus Bibromanthrachinon, indem die beiden Atome Brom durch Hydroxyl ersetzt werden, Alizarin, $C_{14}H_8O$ oder $C_{14}H_8\left\{\begin{matrix}O_2\\(OH)_2\end{matrix}\right.$, erhalten.

Das Alizarin, welches neuerdings auf die beschriebene Weise künstlich aus dem Anthracen dargestellt wurde, ist schon seit längerer Zeit bekannt als ein Bestandtheil der Krappwurzel. Ein in dieser Wurzel enthaltenes Glucosid, die Ruberythrinsäure, zerlegt sich bei Einwirkung von Fermenten oder verdünnter Salzsäure in Zucker und Alizarin.

Das Alizarin ist in Alkohol und Aether löslich, ebenso in Alkalien. Es sublimirt in prachtvoll rothen Nadeln und scheidet sich aus seiner alkoholischen Lösung in gelbrothen Prismen aus. Eine alkalische Lösung von Alizarin giebt mit Alaunlösung einen rothen

Niederschlag (Krapplack). Durch Erhitzen mit Zinkstaub kann das Alizarin zu Anthracen reducirt werden.

Purpurin, $C_{14}H_8O_5$ oder $C_{14}H_5\left\{\begin{matrix}O_2\\(OH)_3\end{matrix}\right.$, kommt neben Alizarin im Krapp vor. Es scheint Trioxyanthrachinon zu sein. Es wird wie das Alizarin durch Zinkstaub zu Anthracen reducirt. Das Purpurin ist bis jetzt nur aus Krapp dargestellt worden. Es ist in kaltem Wasser mit rother Farbe löslich, ebenso in Alkohol und Aether. Es krystallisirt in orangerothen Nadeln.

Alizarin und Purpurin sind die Farbstoffe des Krapps.

Die Constitution des Anthracens wird durch folgende Formel ausgedrückt:

```
        b    a
H   H :    : H   H
C = C — C — C = C
|     : || :  ....  | ...c
C = C   C — C = C
H   H : ... : | ... | ....d      oder C6H4C2H2C6H4.
          H   C     C   H
              ||    ||
              C  —  C
              H     H
```

Das Anthracen besteht also aus drei Benzolringen, von denen immer je zwei zwei Atome Kohlenstoff gemeinsam haben. Diese Formel ergiebt sich aus der Bildung des Anthracens aus Benzylchlorid, $C_6H_5CH_2Cl$, welche nach der Gleichung: $2C_6H_5CH_2Cl = C_{14}H_{10} + 2HCl + 2H$ verläuft, wenn man Benzylchlorid mit Wasser auf 100 °C. erhitzt. Die Constitution der Derivate des Anthracens ist mit Hülfe dieser Formel leicht verständlich, wenn man die Analogie der Anthracenderivate mit den Benzolderivaten im Auge behält.

Benzol, Naphtalin und Anthracen stehen in einer nahen Beziehung zu einander, die durch die Formeln auf pag. 394 (für das Benzol), pag. 530 (für das Naphtalin) und pag. 532 (für das Anthracen) deutlich wird. Das Naphtalin ist ein aus zwei und das Anthracen ein aus drei Benzolringen bestehender Körper. Die Formel für das Naphtalin (pag. 530) enthält zwei Benzolringe; die links von dem punktirten Striche a stehenden Kohlenstoffatome bilden eine Kette, wie im Benzol, ebenso die rechts von der punktirten Linie b stehenden. In der Anthracenformel (pag. 532) bilden die links von a sowie die zwischen b und d und die unter c stehenden Kohlenstoffatome immer je eine Kohlenstoffkette wie im Benzol.

Vergleichen wir nun die Zusammensetzung dieser Kohlenwasserstoffe, so erhalten wir eine Reihe, der wir noch zwei weitere Glieder anfügen können, wo alsdann die einzelnen Glieder sich durch eine Zusammensetzungsdifferenz und C_4H_2 unterscheiden.

Diese Reihe ist:

Aethylen,	C_2H_4	Differenz	C_4H_2
Benzol,	C_6H_6	"	C_4H_2
Naphtalin,	$C_{10}H_8$	"	C_4H_2
Anthracen,	$C_{14}H_{10}$	"	C_4H_2
Chrysen,	$C_{18}H_{12}$.		

Das Chrysen ist ebenfalls im Theer enthalten aber noch wenig untersucht.

Es mag hier noch erwähnt werden, dass die vier letzten Glieder dieser Reihe mit Pikrinsäure und mit Binitroanthrachinon schön krystallisirte Verbindungen geben, wodurch sie sich von anderen im Theer enthaltenen Kohlenwasserstoffen unterscheiden.

Theer.

Bei der trocknen Destillation des Holzes und der Steinkohlen behufs der Leuchtgasbereitung wird als Nebenproduct eine Substanz erhalten, welche man ganz allgemein mit dem Namen Theer bezeichnet. Derselbe sammelt sich bei der genannten Operation in den zur Verdichtung der flüchtigen Producte bestimmten Gefässen an. Die chemische Technik hat seit neuerer Zeit vielfache Anwendungen des Theers gefunden, und wir wollen deshalb die Bestandtheile des Theers etwas näher betrachten. Die Producte der trocknen Destillation der Steinkohlen sind sehr zahlreich. Unter den gasförmigen sind folgende: Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, schweflige Säure, Ammoniak, Kohlenoxyd. Kohlensäure, Acetylen, die niederen Glieder der Reihe Θ_nH_{2n}, ferner Sumpfgas. Die in Wasser nicht leicht löslichen von den hier aufgezählten Gasen bilden das Leuchtgas, die in Wasser löslichen werden von dem in den Verdichtungsgefässen befindlichen, sowie dem daselbst sich ansammelnden, gleichzeitig bei der Destillation der Steinkohlen entstehenden, Wasser absorbirt.

Unter dieser wässerigen Schicht befindet sich in den Verdichtungsgefässen eine dunkle Flüssigkeit, der Theer. Derselbe besteht aus einer grossen Anzahl von organischen Verbindungen, von denen hier nur genannt sein mögen: Das Paraffin, die höheren Glieder der Sumpfgasreihe, sowie diejenigen der Aethylenreihe, das Benzol und viele seiner Homologen, Naphtalin, Anthracen, Chrysen, Phenol und Homologe, Anilin und eine grössere Anzahl dem Anilin sehr ähnlicher Stickstoffverbindungen.

Behufs der Reingewinnung der brauchbaren Bestandtheile wird der Steinkohlentheer destillirt und das Destillat, welches zuerst übergeht und leichter als Wasser ist (leichtes Steinkohlentheeröl), gesondert aufgesammelt, die Vorlage gewechselt, sobald ein im Wasser untersinkendes Destillat übergeht und dieses ebenfalls gesondert aufgefangen (schweres Steinkohlentheeröl). Es bleibt schliesslich ein Rückstand in der Retorte, der bei stärkerem Erhitzen ein im Retortenhals erstarrendes Destillat liefert. Dieses letztere Destillat enthält das Anthracen, das Chrysen

und noch einige andere, aber noch wenig untersuchte, Kohlenwassertoffe.

Aus dem leichten Steinkohlentheeröle gewinnt man Benzol, welches sowohl als Fleckenwasser, wie auch als Material zur Gewinnung des Anilins und der Anilinfarben in grosser Menge Verwendung findet. Das schwere Steinkohlentheeröl enthält in grösster Menge Phenol und wird darauf verarbeitet.

Die bei der Destillation des Holzes auftretenden Producte scheiden sich ebenfalls, abgesehen von den gasförmigen Körpern, welche denen ähnlich sind, die bei der trocknen Destillation der Steinkohlen entstehen, in eine wässerige Schicht, welche ausser den bei den Producten aus Steinkohlen erwähnten Stoffen noch Holzgeist, Essigsäure (in grosser Menge), Aceton und ähnliche Körper enthält, und in eine mit Wasser nicht mischbare Substanz, welche Holztheer genannt wird. Die flüssigen Bestandtheile des Holztheers sind hauptsächlich Benzol und seine Homologen, und Phenol (Kreosot); in diesen Flüssigkeiten sind einige feste Körper gelöst, von denen das Paraffin die Hauptmenge ausmacht.

Gemische ähnlicher Art, wie die Producte der Rectification des Steinkohlen- und Holztheers werden als Leuchtmaterialien angewandt. Zu ihrer Gewinnung werden übrigens nicht allein Steinkohlen und Holz, sondern vielfach auch bituminöse Schiefer oder Torf verwendet. Das Solaröl und das Photogen sind derartige Gemische. Sie werden durch Rectification der verschiedenen Sorten Theer gewonnen.

E. Metallorganische Verbindungen.

Mehrere Metalle hat man in organische Verbindungen derart einführen können, dass sich dieselben darin mit dem Kohlenstoff in directer Vereinigung befinden. Wir beginnen mit den

I. Verbindungen einwerthiger Metalle.

Kaliumäthyl, C_2H_5K, und Natriumäthyl, C_2H_5Na, entstehen bei der Einwirkung von Kalium oder Natrium auf Zinkäthyl. Man hat sie übrigens noch nicht rein, sondern immer vermengt mit einer ansehnlichen Menge von Zinkäthyl erhalten. Beide Verbindungen sind flüssig. Mit Wasser zersetzen sie sich sehr rasch unter Bildung von Aethylwasserstoff und Kali- oder Natronhydrat. Mit Kohlensäure liefern sie propionsaures Kali oder Natron.

II. Verbindungen zweiwerthiger Metalle.

Zinkmethyl, $(CH_3)_2Zn$, und Zinkäthyl, $(C_2H_5)_2Zn$, entstehen bei der Einwirkung von Methyl- oder Aethyljodid auf Zink. Das Zinkmethyl siedet bei 46° C., das Zinkäthyl bei 118° C. Beide werden von Wasser mit Leichtigkeit zersetzt. Aehnliche Verbindungen bildet Quecksilber.

III. Verbindungen dreiwerthiger Metalle.

Arsenverbindungen. Wird trocknes essigsaures Kali mit arseniger Säure erhitzt, so bildet sich eine Verbindung von der Formel: $(CH_3)_2AsOAs(CH_3)_2$, welche den Namen Alkarsin oder Kakodyloxyd erhalten hat.

Das Alkarsin ist eine bei — 25° C. erstarrende und bei 150° C. siedende Flüssigkeit von höchst charakteristischem und unangenehmem Geruch. Sie ist selbstentzündlich, in Wasser unlöslich, in Alkohol und Aether löslich. Mit Salzsäure zersetzt sich diese Verbindung, indem Kakodylchlorid, $(CH_3)_2AsCl$, entsteht. Dieses ist eine bei 100° C. siedende Flüssigkeit. Behandelt man Kakodylchlorid mit Zinkspänen bei Abschluss der Luft, so er-

hält man Kakodyl, $(CH_3)_2AsAs(CH_3)_2$, eine bei — 6° C. erstarrende und bei 170° C. siedende Flüssigkeit, welche sehr giftig ist, ungemein begierig Sauerstoff anzieht und sich dabei in kakodylsaures Kakodyloxyd, $(CH_3)_2AsOOAs(CH_3)_2$, verwandelt. Trägt man Quecksilberoxyd in eine Mischung von Kakodyloxyd und Wasser ein, so erhält man Kakodylsäure, $(CH_3)_2AsOH$, welche grosse wasserhelle Krystalle bildet, die bei 200° C. schmelzen. Mit Basen vereinigt sie sich zu in Wasser löslichen Salzen. Die Kakodylsäure ist nicht giftig.

Arsentrimethyl, $(CH_3)_3As$, entsteht bei der Einwirkung von Zinkmethyl auf Chlorarsen, $AsCl_3$, nach der Gleichung: $2AsCl_3 + 3(CH_3)_2Zn = 3ZnCl_2 + 2(CH_3)_3As$. Das Arsentrimethyl ist eine farblose, bei 100° C. siedende Flüssigkeit.

Die Verbindungen des Arsens mit Methyl, die wir soeben betrachtet haben, enthalten alle dreiwerthiges Arsen. Sie sind jedoch im Stande, sich noch mit zwei Atomen Chlor, Brom oder Jod zu verbinden, und dadurch in Verbindungen überzugehen, in welchen fünfwerthiges Arsen anzunehmen ist. Neben diesen Verbindungen ist noch eine Substanz bekannt, welche die Formel $(CH_3)_4AsCl$ hat und Arsentetramethylchlorid genannt wird. Dieselbe entsteht bei der Einwirkung von Methyljodid auf eine Legirung von Arsen mit Natrium. Durch Silberoxyd wird diese Chlorverbindung in Arsentetramethyloxydhydrat, $(CH_3)_4AsOH$, verwandelt.

Man ist im Stande, aus dieser methylreichsten Verbindung die methylärmeren darzustellen. Erhitzt man z. B. Arsentetramethylchlorid, so spaltet sich Methylchlorid ab und es entsteht Arsentrimethyl. Dieses kann sich mit Cl_2 verbinden und das entstandene Arsentrimethylchlorid liefert weiter, unter Abgabe von Methylchlorid, Arsendimethylchlorid oder Kakodylchlorid. Unter Aufnahme von Cl_2 bildet dieses letztere Kakodyltrichlorid, welches beim Erhitzen zerfällt in Arsenmonomethylbichlorid, CH_3AsCl_2, und Methylchlorid.

Folgende Gleichungen stellen die ganze Suite von Umwandlungen dar:

$$(CH_3)_4AsCl = (CH_3)_3As + CH_3Cl$$
$$(CH_3)_3As + Cl_2 = (CH_3)_3AsCl_2$$
$$(CH_3)_3AsCl_2 = (CH_3)_2AsCl + CH_3Cl$$
$$(CH_3)_2AsCl + Cl_2 = (CH_3)_2AsCl_3$$
$$(CH_3)_2AsCl_3 = CH_3AsCl_2 + CH_3Cl$$

Aluminiumäthyl, $(C_2H_5)_3Al$, entsteht beim Erhitzen von Aethyljodid mit Aluminium und stellt eine bei 194° C. siedende Flüssigkeit dar, die sich an der Luft von selbst entzündet und von Wasser mit Heftigkeit zersetzt wird.

IV. Verbindungen vierwerthiger Metalle.

Von den Verbindungen der vierwerthigen Metalle seien hier diejenigen des Zinns mit Aethyl erwähnt. Das Zinn bildet mit Aethyl folgende Verbindungen: Zinntetrāthyl, $(C_2H_5)_4Sn$, Zinntriäthyl, $((C_2H_5)_3Sn)_2$ und Zinndiäthyl, $((C_2H_5)_2Sn)_2$.

Das Zinntetrāthyl wird erhalten durch die Einwirkung von Zinkäthyl auf Zinnchlorid, $SnCl_4$, nach der Gleichung: $SnCl_4 + 2(C_2H_5)_2Zn = 2ZnCl_2 + (C_2H_5)_4Sn$. Diese Verbindung bildet eine klare, farblose Flüssigkeit, die bei 181° C. siedet. Lässt man Jod auf dieselbe einwirken, so entstehen unter Austritt von Aethyl die Jodverbindungen der beiden anderen Zinnäthyle.

Zinntriäthyl entsteht bei der Einwirkung von Aethyljodid auf eine Legirung von Zinn und Natrium. Gleichzeitig bildet sich hierbei Zinndiäthyl, welches durch Weingeist, in dem es leicht löslich, von dem ersten getrennt wird.

Zinntriäthyl sowohl als Zinndiäthyl sind flüssig und nicht ohne Zersetzung flüchtig; beide spielen in mehreren Verbindungen die Rolle metallischer Radicale; so kennt man folgende Verbindungen derselben:

Zinntriäthyljodid, $(C_2H_5)_3SnJ$, entsteht aus dem Zinntetrāthyl bei der Behandlung mit Jod neben Aethyljodid nach der Gleichung: $(C_2H_5)_4Sn + J_2 = (C_2H_5)_3SnJ + C_2H_5J$. Es ist eine bei 235° C. siedende Flüssigkeit.

Zinntriäthyloxydhydrat, $(C_2H_5)_3SnOH$, entsteht aus dem Jodid durch Einwirkung von Kalilauge und Destillation mit Wasser. Es krystallisirt in glänzenden Prismen, die bei 45° C. schmelzen und sich bei 272° C. unzersetzt verflüchtigen. Mit Säuren bildet es zum Theil gut krystallisirende Salze.

Zinndiäthyljodid, $(C_2H_5)_2SnJ_2$, entsteht sowohl aus dem Zinntetrāthyl mit Jod als auch bei der Einwirkung von Aethyljodid auf eine Legirung von Zinn und Natrium oder auf Zinn. Es bildet farblose, bei 38° C. schmelzende Nadeln. Ammoniak fällt aus der wässerigen Lösung desselben Zinndiäthyloxyd, $(C_2H_5)_2SnO$, als weisses, in Wasser, Alkohol und Aether unlösliches Pulver. Säuren, z. B. Schwefelsäure und Salzsäure, lösen dieses auf und bilden damit Salze. Das schwefelsaure Zinndiäthyloxyd krystallisirt in glänzenden Schüppchen und hat die Formel $(C_2H_5)_2SnSO_4$. Es bildet sich nach folgender Gleichung: $(C_2H_5)_2SnO + H_2SO_4 = (C_2H_5)_2SnSO_4 + H_2O$. Das salzsaure Zinndiäthyloxyd wird aus der Auflösung des Zinndiäthyloxyds in Salzsäure beim Verdunsten in seideglänzenden Nadeln erhalten. Es hat die Formel $(C_2H_5)_2SnCl_2$ und entsteht nach folgender Gleichung: $(C_2H_5)_2SnO + 2HCl = (C_2H_5)_2SnCl_2 + H_2O$.

In diese Körperklasse gehören auch diejenigen Verbindungen, welche die Kohlenwasserstoffe der Reihe $\mathrm{C}_n\mathrm{H}_{2n-2}$ liefern, wenn man sie mit ammoniakalischer Kupfer- oder Silberlösung zusammenbringt. Acetylen liefert unter diesen Umständen eine rothe Kupferverbindung von der Formel $(\mathrm{C}_2\mathrm{HCu}_2)_2\mathrm{O}$. Die Silberverbindung hat die Formel $(\mathrm{C}_2\mathrm{HAg}_2)_2\mathrm{O}$. Beide Verbindungen explodiren beim Erhitzen; durch Salzsäure kann man Acetylen wieder aus ihnen frei machen.

F. Alkaloïde.

Unter dem Namen der Alkaloïde fassen wir eine Reihe stickstoffhaltiger Verbindungen zusammen, welche im Pflanzenorganismus erzeugt werden und sich durch besondere physiologische Wirkungen auszeichnen. Noch keine derselben ist künstlich dargestellt worden und noch von keiner ist die Constitution vollständig bekannt. Was man bis jetzt mit Sicherheit über dieselben weiss, ist Folgendes: Der in ihnen enthaltene Stickstoff ist entweder ganz oder zum Theil Ammoniakstickstoff oder aber in derselben Form an den Kohlenstoff der Verbindung gebunden wie im Cyan. Die Alkaloïde sind also sämmtlich Ammoniak- oder Ammoniumbasen und enthalten mehr oder weniger complicirt zusammengesetzte Radicale.

Nach ihrer empirischen Zusammensetzung kann man die Alkaloïde eintheilen in sauerstofffreie und sauerstoffhaltige. In den letzteren scheint der Sauerstoff in der Regel im Radical enthalten zu sein, ob in der Form von Hydroxyl oder Carboxyl, ist noch bei keinem Alkaloïd bezüglich sämmtlichen Sauerstoffs nachgewiesen. Wie man die Ammoniakbasen eintheilt in primäre, secundäre und tertiäre Monamine, Diamine und Triamine, so kann man auch die Alkaloïd nach demselben Gesichtspunkte classificiren, da es in den meisten Fällen bekannt ist, in welche dieser Klassen ein Alkaloïd gehört. Das einfachste Verfahren, die Alkaloïde in dieser Richtung zu prüfen, ist die Behandlung mit Aethyl- oder Methyljodid, wobei die primären Monaminbasen unter Aufnahme von zwei Aethyl oder Methyl in tertiäre Monaminbasen übergehen, welche sich weiter mit Aethyl- oder Methyljodid zu Jodiden von Ammoniumbasen vereinigen, welche nicht durch Kalihydrat, wohl aber durch Silberoxyd zersetzt werden, indem die freie Ammoniumbase entsteht. Eine secundäre Monaminbase wird zur Bildung des Jodids einer Ammoniumbase zwei Aethyl oder Methyl aufnehmen müssen, während eine tertiäre Monaminbase unmittelbar durch Vereinigung mit Aethyl- oder Methyljodid in das Jodid

einer Ammoniumbase übergeht. Diamine und Triamine verhalten sich analog. Das Chinin ist z. B. ein tertiäres Diamin; es vereinigt sich direct mit Aethyljodid zu Aethylchininjodid, aus welchem durch Silberoxyd das Aethylchinin, eine Ammoniumbase, frei gemacht wird.

Obgleich man hiernach ohne Schwierigkeit eine Eintheilung der Alkaloïde vornehmen könnte, wollen wir bei der Beschreibung bezüglich der Reihenfolge in erster Linie die Abstammung der Alkaloïde im Auge behalten.

Für die Gewinnung der Alkaloïde lassen sich einige allgemeine Regeln aufstellen, die wir hier kurz zusammenfassen wollen. Die meisten Alkaloïde kommen in den Pflanzen an Säuren gebunden vor und machen, wenn auch den physiologisch wirksamsten, doch in der Regel der Menge nach einen sehr untergeordneten Bestandtheil derselben aus. Durch Extraction der betreffenden Pflanzen oder Pflanzentheile mit Wasser oder verdünnter Säure werden die Alkaloïde in Lösung gebracht. Sind dieselben unzersetzt flüchtig, so können sie aus dieser Lösung nach dem Vermischen derselben mit einer stärkeren Base (im Falle man mit Säuren extrahirt hat) direct abdestillirt werden; sind dieselben jedoch nicht flüchtig, so werden sie durch eine stärkere Base ausgefällt und hierauf nach einem mehr oder weniger complicirten Reinigungsverfahren rein erhalten. Häufig wird der Pflanzenauszug behufs Ausfällung der darin enthaltenen Gerbsäure, Farbstoffe u. s. w. mit Bleiessig versetzt, welcher letztere niederschlägt; aus der filtrirten Flüssigkeit wird durch Schwefelwasserstoff das überschüssig zugesetzte Blei ausgefällt und die hierauf erhaltene Lösung, welche das Alkaloïd an eine Säure gebunden enthält, zur Krystallisation eingedampft. Die erhaltenen Krystalle, welche ein Salz des betreffenden Alkaloïds darstellen, können wenn nöthig durch mehrmaliges Umkrystallisiren rein gewonnen werden, worauf aus ihrer Lösung durch Ammoniak oder Kalilauge die freie Base abgeschieden wird. Häufig ist es auch nöthig, die wässerige Lösung des Salzes des Alkaloïds durch Thierkohle von dem noch vorhandenen Farbstoff zu befreien. In einigen Fällen wendet man ein anderes Verfahren an, um ein Alkaloïd aus dem Pflanzenextracte abzuscheiden. Die durch Kochen mit Thierkohle von dem Farbstoff befreite Lösung wird mit Alkali vorsichtig neutralisirt, hierauf mit Gerbsäure (Galläpfelauszug) versetzt, so lange ein Niederschlag entsteht. Dieser Niederschlag enthält die in Wasser unlösliche Verbindung des Alkaloïds mit Gerbsäure; er wird durch eine stärkere Base zersetzt und alsdann die freie Base mit Aether, Benzol, Chloroform oder Amylalkohol ausgezogen, was durch Schütteln der alkalischen Masse mit dem betreffenden Lösungsmittel bewerkstelligt wird. Auch Phosphormolybdänsäure (pag. 173)

fällt Alkaloïde aus ihren Auflösungen. Man versetzt hierzu die saure Lösung mit Phosphormolybdänsäure, filtrirt den entstandenen Niederschlag ab, wäscht ihn aus und zersetzt ihn durch eine starke Base, welche das Alkaloïd abscheidet.

I. Sauerstofffreie Alkaloïde.

a) Coniin, $Ɵ_8H_{15}N$, ist fertig gebildet im giftigen Schierling, hauptsächlich in den reifen Samen, aus denen es durch Destillation mit Wasser und wenig Kalihydrat gewonnen wird. Das Destillat enthält gleichzeitig Ammoniak, von dem das Coniin durch Sättigen mit Schwefelsäure und Umkrystalliren der erhaltenen schwefelsauren Salze getrennt wird. Schliesslich wird es aus dem schwefelsauren Salze durch Destillation mit Kalihydrat und Wasser als farbloses, bei 212° C. siedendes Oel abgeschieden. Es ist giftig; mit Wasser liefert es eine alkalisch reagirende Flüssigkeit.

Das Coniin ist eine secundäre Monaminbase, da es, mit Aethyljodid behandelt, sowohl Aethylconiin, $Ɵ_{10}H_{19}N$, als auch Diäthylconiinjodid, $Ɵ_{12}H_{24}NJ$, bildet, welches letztere mit Silberoxyd eine Ammoniumbase, das Diäthylconiin, $Ɵ_{12}H_{24}NΘH$, liefert. Das Coniin hat demnach die Formel $\left.\begin{matrix}\overset{II}{Ɵ_8H_{14}}\\ H\end{matrix}\right\}N$. Auf Umwegen lässt sich aus dem Coniin das Conylen, $Ɵ_8H_{14}$, ein bei 126° C. siedendes Oel abscheiden, welches als das zweiwerthige Radical des Coniins zu betrachten ist.

b) Nicotin, $Ɵ_{10}H_{14}N_2$, ist in den Tabaksblättern enthalten und kann durch verdünnte Schwefelsäure daraus ausgezogen werden. Es ist ein farbloses Oel, welches bei 250° C. unter theilweiser Zersetzung siedet.

Das Nicotin ist eine tertiäre Diaminbase. Mit Aethyljodid vereinigt es sich zu Diäthylnicotinjodid, $Ɵ_{14}H_{24}N_2J_2$, aus welchem durch Silberoxyd und Wasser das Diäthylnicotin, $Ɵ_{14}H_{24}N_2(ΘH)_2$, abgeschieden wird. Danach ist die Formel des Nicotins $\left.\overset{VI}{Ɵ_{10}H_{14}}\right\}N_2$.

II. Sauerstoffhaltige Alkaloïde.

a) Alkaloïde des Opiums.

Im Opium sind in grösster Menge Morphin, $Ɵ_{17}H_{19}NΘ_3$, und Narcotin, $Ɵ_{22}H_{23}NΘ_7$, enthalten, in geringen Mengen Thebaïn, $Ɵ_{19}H_{21}NΘ_3$, Codeïn, $Ɵ_{18}H_{21}NΘ_3$, Rhöadin, $Ɵ_{21}H_{21}NΘ_6$, Papaverin, $Ɵ_{20}H_{21}NΘ_4$, Narceïn, $Ɵ_{23}H_{29}NΘ_9$, und einige andere, die noch wenig genau untersucht sind.

Für die Darstellung der Alkaloïde des Opiums sind sehr viele verschiedene Vorschriften gegeben worden, von denen wir nur folgende anführen wollen.

Opium wird in kleine Stücke zerschnitten und mit lauwarmem Wasser ausgezogen, die Lösung mit Chlorcalcium vermischt, wodurch meconsaurer Kalk (Niederschlag I) gefällt wird. Das Filtrat wird durch Eindampfen concentrirt und längere Zeit stehen gelassen.

Salzsaures Morphin und Codeïn krystallisiren heraus (Niederschlag II). Die Krystalle werden isolirt, die Mutterlauge mit Wasser verdünnt und durch Ammoniak Narcotin, Papaverin und Thebaïn (Niederschlag III) gefällt. Die ammoniakalische Flüssigkeit, welche von diesem Niederschlag abläuft, wird mit essigsaurem Bleioxyd versetzt, vom entstandenen Niederschlag wird abfiltrirt, aus der Lösung durch Schwefelsäure das Blei entfernt, hierauf mit Ammoniak versetzt und langsam verdunstet. Nach einiger Zeit setzt sich das Narçeïn in Krystallen ab.

Den Niederschlag II löst man in Wasser auf, fällt mit Ammoniak das Morphin, dampft ein und scheidet durch überschüssige Kalilauge Codeïn ab, während das noch nicht durch Ammoniak abgeschiedene Morphin gelöst bleibt.

Der Niederschlag III wird zur Gewinnung des Narcotins mit concentrirter Kalilauge zusammengerieben und nach einiger Zeit mit Wasser vermischt. Das Narcotin setzt sich hierauf ab. Es wird aus heissem Alkohol wiederholt umkrystallisirt.

α) Morphin, $\text{Ɵ}_{17}H_{19}N\text{Ɵ}_3$, wird am einfachsten aus dem Opium durch Auskochen mit Wasser, Zersetzen der Lösung mit Kalkmilch, Filtriren der Flüssigkeit, Eindampfen derselben und Ausfällen mit Salmiak, als weisser Niederschlag erhalten. Aus heissem Wasser lässt es sich umkrystallisiren und nimmt dabei 1 Mol. Wasser auf. Das Morphin schmilzt beim Erwärmen. Es ist in Alkohol leicht, in Aether fast nicht löslich. Durch fixe Alkalien wird das Morphin aus den wässerigen Lösungen seiner Salze gefällt; den Ueberschuss des Fällungsmittels löst der entstandene Niederschlag wieder auf; Ammoniak fällt ebenfalls, löst aber nicht auf.

Morphin ist optisch activ; es ist linksdrehend. Mit Säuren bildet es Salze, von denen das salzsaure Salz, $\text{Ɵ}_{17}H_{19}N\text{Ɵ}_3HCl$, und das essigsaure Salz, $\text{Ɵ}_{17}H_{19}N\text{Ɵ}_3\ \text{Ɵ}_2H_4\text{Ɵ}_2$, gut krystallisiren.

Das Morphin ist eine tertiäre Monaminbase.

β) Narcotin, $\text{Ɵ}_{22}H_{23}N\text{Ɵ}_7$, wird neben Morphin gefällt, wenn man den wässerigen Auszug des Opiums mit Ammoniak versetzt. Aether löst das Narcotin auf und Morphin bleibt ungelöst. In grösserer Menge erhält man jedoch das Narcotin, wenn man das Opium zuerst mit Wasser auskocht und den Rückstand hierauf

mit Salzsäure behandelt, wodurch das zuerst ungelöst gebliebene Narcotin in Lösung übergeht, aus der es durch kohlensaures Natron gefällt wird. In Alkohol ist das Narcotin löslich, ebenso in heissem Wasser. Es kann in rhombischen Prismen krystallisiren. Durch fixe Alkalien wird es aus den Lösungen seiner Salze gefällt; ein Ueberschuss des Fällungsmittels löst den Niederschlag nicht auf.

Das Narcotin ist eine einsäurige Base. Seine Salze krystallisiren schlecht.

Durch Salpetersäure wird das Narcotin zersetzt, indem Cotarnin, $C_{12}H_{13}N\Theta_3$, eine starke Base, und Opianyl, $C_{10}H_{10}\Theta_4$, entsteht. Ist die Oxydation energischer, so entstehen neben Cotarnin Opiansäure, $C_{10}H_{10}\Theta_5$, oder Hemipinsäure, $C_{10}H_{10}\Theta_6$.

Beim Erhitzen mit Wasser auf 250° C. oder beim Erhitzen mit Natronkalk wird das Narcotin unter Bildung von Trimethylamin zersetzt.

Meconsäure, $C_7H_4\Theta_7$, deren Kalksalz den Niederschlag I (pag. 541) ausmacht, kommt nur im Opium vor. Sie wird aus diesem Salze durch Salzsäure abgeschieden. Sie ist leicht in kochendem Wasser und Alkohol löslich; aus Wasser krystallisirt sie mit 3 Mol. Wasser in weissen, seideglänzenden Plättchen, welche bei 100° C. ihr Wasser verlieren. Sie ist eine dreibasische Säure; ihr Silbersalz hat die Formel $C_7H\Theta_7Ag_3$.

b) Alkaloïde der Chinarinden.

Die vier wichtigsten Chinaalkaloïde sind:

Chinin, $C_{20}H_{24}N_2\Theta_2$; Cinchonin, $C_{20}H_{24}N_2\Theta$; Chinidin, $C_{20}H_{24}N_2\Theta_2$, und Cinchonidin, $C_{20}H_{24}N_2\Theta$.

Das Chinin ist am reichlichsten in der Königsrinde enthalten, das Cinchonin in der Rinde von China Huanoko. Bezüglich der beiden anderen Alkaloïde, welche sich nur in einigen Sorten Chinarinde finden, herrscht noch einige Verwirrung, da dieselben sehr häufig verschiedenartig bezeichnet werden. So sind die Namen β-Chinin, β-Cinchonin und Conchinin für dieselben im Gebrauch. Ausserdem werden noch eine ganze Reihe von Chinaalkaloïden aufgeführt, von denen viele nichts weiter als unreine Exemplare obiger Verbindungen sind. Genau untersucht sind die vier oben genannten Alkaloïde. Chinin und Cinchonin können beide durch Erwärmen für sich oder mit Säuren in harzartige amorphe Körper übergehen, die denn auch bei der Darstellung der Alkaloïde selbst sich bilden und als Nebenproducte erhalten werden. Die amorphe Modification des Chinins wird Chinicin oder Chinoïdin genannt und diejenige des Cinchonins Cinchonicin.

α) Chinin, $C_{20}H_{24}N_2\Theta_2$. Am reichlichsten erhält man das Chinin aus der Königschinarinde, welche 2—3 Proc. Chinin enthält. Man extrahirt die zerstossene Rinde mit Wasser oder verdünnter Salzsäure, und fällt aus der Lösung durch kohlen-

saures Natron die Basen Chinin und Cinchonin. Aus dem Niederschlag zieht man mit Aether, welcher das Cinchonin ungelöst lässt, das Chinin aus. Das Chinin krystallisirt aus Aether in weissen Nadeln mit 3 Mol. Krystallwasser. Es ist in kochendem Wasser ziemlich schwer löslich, leichter löslich in Alkohol und Aether; ebenso wird das Chinin gelöst von gewissen Lösungen, z. B. Chlorkaliumlösung. Durch Ammoniak wird es aus den Lösungen seiner Salze als käseartiger weisser Niederschlag gefällt.

Mit Säuren vereinigt sich das Chinin zu neutralen, schwer löslichen. und sauren, leicht löslichen Salzen.

Das neutrale schwefelsaure Chinin, $(C_{20}H_{24}N_2O_2)_2H_2SO_4$, krystallisirt mit 7 Mol. Wasser in glänzenden, farblosen Nadeln, die leicht verwittern, indem sie 5 Mol. Wasser verlieren. Es ist in kaltem Wasser schwer, in kochendem leichter löslich. Dieses Salz ist das Chininpräparat, welches als Mittel gegen das Fieber in grosser Menge verbraucht wird.

Das saure schwefelsaure Chinin, $C_{20}H_{24}N_2O_2\ H_2SO_4$, krystallisirt aus einer Lösung, welche überschüssige Säure enthält.

Versetzt man eine Lösung von schwefelsaurem Chinin mit Essigsäure und Jodtinctur, so entstehen kleine, dünne, grünlich schillernde Krystallblättchen der Verbindung $(C_{20}H_{24}N_2O_2\ J_2\ H_2SO_4 + 5H_2O)$, welche nach ihrem Entdecker den Namen Herapathit erhalten hat.

Das Chinin wird durch Erwärmen mit concentrirten Säuren in Chinicin verwandelt, welches dieselbe Zusammensetzung hat wie das Chinin und die gleiche physiologische Wirkung besitzt. Die Lösung des Chinins ist optisch activ, linksdrehend, die des Chinicins ist rechtsdrehend. Versetzt man die Lösung eines Chininsalzes mit Chlorwasser und dann mit Ammoniak, so wird sie grün gefärbt (Reaction auf Chinin).

Das Chinin ist eine tertiäre Diaminbase.

β) Cinchonin, $C_{20}H_{24}N_2O$, zeigt viel Aehnlichkeit mit dem Chinin. Es wirkt nicht so stark fiebervertreibend wie das Chinin. Seine Lösung ist rechtsdrehend. Durch Brom wird das Cinchonin in Bibromcinchonin, $C_{20}H_{24}Br_2N_2O$, verwandelt, welches durch alkoholische Kalilauge in eine dem Chinin isomere Base, in Oxycinchonin, übergeführt wird.

Auch das Cinchonin ist eine tertiäre Aminbase.

c) Alkaloïde der Strychnosarten.

Strychnin, $C_{21}H_{22}N_2O_2$, und Brucin, $C_{23}H_{26}N_2O_4$, kommen in wechselnden Verhältnissen in den Krähenaugen und den Ignatiusbohnen, sowie in anderen Theilen der Strychnosarten vor.

Zu ihrer Darstellung werden die betreffenden Substanzen zerkleinert und zuerst mit kaltem, dann mit heissem Alkohol ausgezogen, der Strychnin und Brucin löst. Aus der Lösung wird Farbstoff durch essigsaures Bleioxyd gefällt und hierauf durch

Magnesia die beiden Alkaloïde. Durch Behandlung mit kaltem Alkohol, der nur das Brucin löst, werden beide von einander getrennt. Strychnin ist ein starkes Gift, Brucin wirkt etwas weniger heftig. Die Lösungen beider Alkaloïde sind optisch activ, linksdrehend. Beide Alkaloïde sind tertiäre Diaminbasen. Strychnin ist in Wasser nahezu unlöslich, Brucin leichter löslich; in Alkohol ist nur das Brucin leicht löslich. Beide Alkaloïde krystallisiren leicht und gut und liefern farblose Krystalle; beide sind einsäurige Basen.

Strychnin wird durch chromsaures Kali und Schwefelsäure violettblau gefärbt.

Brucin wird durch Salpetersäure roth gefärbt. Concentrirte Salpetersäure zersetzt es, indem Salpetrigsäuremethyläther, Cacotelin, $C_{20}H_{22}(NO_2)_2N_2O_5$, eine sehr schwache Base, Oxalsäure, Stickoxyd und Wasser entstehen.

d) Veratrin, $C_{32}H_{52}N_2O_8$, findet sich hauptsächlich in den Sabadillsamen und in der weissen Niesswurzel, aus denen es durch verdünnte Salzsäure ausgezogen wird. Das Veratrin ist in Wasser nicht, in Weingeist und Aether leicht löslich. Es ist giftig. Sein Staub reizt zum Niesen. Es ist eine einsäurige Base. Concentrirte Schwefelsäure löst es mit gelber Farbe auf; die Lösung wird bald roth, schliesslich blutroth.

e) Atropin, $C_{17}H_{23}NO_3$, kommt in der Tollkirsche und im Stechapfel vor. Es krystallisirt in farblosen Prismen, ist in Alkohol und heissem Wasser leicht, in kaltem Wasser schwerer löslich. In kleinster Menge in die Augen gebracht, bewirkt es eine starke Erweiterung der Pupille. Es ist sehr giftig. Durch Kochen mit Barytwasser wird das Atropin zerlegt in Tropin, $C_8H_{15}NO$, eine Base, und Tropasäure, $C_9H_{10}O_3$, welche letztere durch längere Behandlung mit Barytwasser unter Verlust von Wasser in die der Zimmtsäure isomere Atropasäure übergeht.

f) Piperin, $C_{17}H_{19}NO_3$, kommt in den verschiedenen Pfefferarten vor. Es wird am besten aus dem weissen Pfeffer durch Extraction mit Alkohol gewonnen. Es krystallisirt in farblosen Prismen, die in Wasser fast nicht, in Alkohol leicht löslich sind. In kalter concentrirter Schwefelsäure löst es sich mit dunkelrother Farbe auf. Durch Einwirkung kochender alkoholischer Kalilösung zerfällt das Piperin in Piperidin, $C_5H_{11}N$, eine starke Base (secundäres Monamin), und Piperinsäure, $C_{12}H_{10}O_4$. Diese Säure liefert beim Schmelzen mit Kalihydrat neben Essigsäure, Oxalsäure, Kohlensäure und Wasserstoff auch Protocatechusäure (pag. 519).

g) Ausser diesen Alkaloïden seien noch als wohlcharakterisirte Verbindungen folgende Alkaloïde erwähnt, von denen übrigens nur die Zusammensetzung und Abstammung angeführt sind:

Mercurialin, CH_5N, in Mercurialis annua;
Sparteïn, $C_{15}H_{26}N_2$, in Spartium scoparium;
Jervin, $C_{30}H_{46}N_2O_3$, in der Wurzel von Veratrum album.
Berberin, $C_{20}H_{17}NO_4$, in Berberis vulgaris und in der Columbowurzel;
Sinapin, $C_{16}H_{23}NO_5$, im weissen Senfsamen;
Harmalin, $C_{13}H_{14}N_2O$
Harmin, $C_{13}H_{12}N_2O$ } im Samen von Peganum harmala;
Cocaïn, $C_{17}H_{21}NO_4$, in den Cocablättern;
Aconitin, $C_{30}H_{47}NO_7$, in den Blättern von Aconitum Napellus;
Chelidonin, $C_{19}H_{17}NO_4$,
Chelerytrin, $C_{19}H_{17}N_3O_3$, } in der Wurzel von Chelidonium majus;
Colchicin, $C_{17}H_{19}NO_5$, in den Samen von Colchicum autumnale;
Corydalin, $C_{18}H_{19}NO_4$, in den Wurzeln von Bulbocapnus cavus;
Delphinin, $C_{24}H_{35}NO_2$, in den Samen von Delphinium Staphisagria;
Lycin, $C_5H_{11}NO_2$, in den Blättern von Lycium barbarum.

Hieran reihen sich noch einige wenig erforschte, nämlich Curarin, in dem Pfeilgift der Indianer (wahrscheinlich ein Gemenge); Emetin, in der Ipecacuanhawurzel; Hyoscyamin, in Hyoscyamus niger, und Physostigmin und Eserin in der Calabarbohne.

Bei der Destillation vieler Alkaloïde mit Kali entsteht eine Anzahl basischer Verbindungen, welche unter sich sehr ähnlich sind. Man hat dieselben Chinolinbasen genannt; dieselben sind flüssig und unzersetzt destillirbar; sie bilden eine homologe Reihe, deren wichtigsten Glieder das Chinolin, C_9H_7N, welches bei 216 bis 220° C. siedet, Lepidin, $C_{10}H_9N$, und Cryptidin, $C_{11}H_{11}N$, sind.

Diese Basen finden sich auch im Steinkohlentheer.

Behandelt man Chinolin mit den Jodiden einwerthiger Alkoholradicale, so erhält man Jodide von Ammoniumbasen. Das Chinolin ist also eine tertiäre Monaminbase. Die Amylverbindung des Chinolins ist das Cyanin, welches in prachtvollen, glänzenden, grünen Tafeln krystallisirt und eine tiefblaue Lösung giebt, die von Säuren entfärbt wird.

G. Glucoside (Saccharide).

Die Glucoside sind Verbindungen, welche zumeist in Pflanzen vorkommen und durch Fermente oder Alkalien oder Säuren in Zucker, meist Traubenzucker, und andere Verbindungen sehr verschiedenen chemischen Charakters zerlegt werden. Die Glucoside sind wohl Aether des Traubenzuckers, der, wie wir pag. 443 gesehen haben, als Alkohol angesehen werden kann. Wir wollen einige dieser Verbindungen hier betrachten, um den Charakter der ganzen Gruppe kennen zu lernen.

a) Amygdalin, $C_{20}H_{27}NO_{11}$, ist in den bittern Mandeln sowie in vielen andern Pflanzentheilen enthalten. Das Amygdalin ist sehr leicht zersetzbar. Sobald es mit verdünnten Säuren oder Emulsin, welches ebenfalls in den Mandeln enthalten ist, zusammenkommt, zerfällt es in Bittermandelöl, Blausäure und Zucker nach der Gleichung: $C_{20}H_{27}NO_{11} + 2H_2O = C_7H_6O + CNH + 2C_6H_{12}O_6$.

b) Salicin, $C_{13}H_{18}O_7$, ist in der Rinde und den Blättern der meisten Weiden- und Pappelarten enthalten. Es zerfällt bei Berührung mit Emulsin in Saligenin und Zucker nach der Gleichung: $C_{13}H_{18}O_7 + H_2O = C_7H_8O_2 + C_6H_{12}O_6$.

c) Arbutin, $C_{12}H_{16}O_7$, ist in den Blättern der Bärentraube und des Wintergrüns enthalten. Es zerfällt bei Berührung mit Emulsin oder beim Kochen mit verdünnten Säuren in Hydrochinon und Zucker nach der Gleichung: $C_{12}H_{16}O_7 + H_2O = C_6H_6O_2 + C_6H_{12}O_6$.

d) Phloridzin, $C_{21}H_{24}O_{10}$, findet sich in der Wurzelrinde vieler Obstbäume. Lässt man Phloridzin mit Ammoniak an der Luft stehen, so nimmt es Sauerstoff und Ammoniak auf und es entsteht eine intensiv purpurviolette Lösung von Phloridzeïn, $C_{21}H_{30}N_2O_{13}$, in Ammoniak.

Durch Kochen mit verdünnten Säuren wird das Phloridzin zerlegt in Phloretin und Zucker nach der Gleichung: $C_{21}H_{24}O_{10} + H_2O = C_{15}H_{14}O_5$ (Phloretin) $+ C_6H_{12}O_6$. Das Phloretin zerlegt sich beim Kochen mit überschüssigem Kali in Phloretinsäure und Phloroglucin nach der Gleichung: $C_{15}H_{14}O_5 + H_2O = C_9H_{10}O_3$ (Phloretinsäure) $+ C_6H_6O_3$ (Phloroglucin, pag. 510). Die Phloretinsäure ist eine einbasische aromatische Oxysäure.

e) Quercitrin, $C_{33}H_{30}O_{17}$, ist im Quercitron enthalten. Durch Kochen mit verdünnter Säure wird es zerlegt in eine Zuckerart, Isodulcit, $C_6H_{14}O_6$, und Quercetin, $C_{27}H_{18}O_{12}$.

Das Quercetin zerfällt beim Schmelzen mit Kalihydrat in mehrere Verbindungen, unter denen stets Protocatechusäure ist.

f) Myronsäure, $C_{10}H_{19}NS_2O_{10}$, ist als Kalisalz in den schwarzen Senfsamen enthalten. Neben dem myronsauren Kali ist in den schwarzen Senfsamen noch ein fermentartiger Körper enthalten, der Myrosin genannt wird. Kommt dieser in eine Lösung von myronsaurem Kali, so entsteht sofort Senföl (pag. 447), wobei das Kalisalz nach folgender Gleichung sich zersetzt:
$C_{10}H_{18}KNS_2O_{10} = C_4H_5NS + C_6H_{12}O_6 + KHSO_4$.

g) Gerbsäuren oder Gerbstoffe.

Die Pflanzen enthalten sowohl in der Rinde, als auch in den Blättern, Früchten und anderen Theilen einen eigenthümlichen, sauer reagirenden, zusammenziehend schmeckenden Stoff, der in Wasser löslich ist und dessen Lösung mit Eisenoxydsalzen eine schwarze oder grüne Färbung giebt. Aus der wässerigen Lösung wird er durch Leimlösung gefällt; thierische Haut fixirt ihn gleichfalls, indem sie in Leder übergeht. Dieser Körper wird Gerbstoff oder Gerbsäure genannt. Er ist nicht in allen Fällen gleich zusammengesetzt und nichts weniger als eine chemisch charakterisirte Substanz. Der Gerbstoff der Galläpfel ist am genauesten untersucht.

Die Formel der Galläpfelgerbsäure wird zu $C_{27}H_{22}O_{17}$ angegeben. Diese Gerbsäure spaltet sich beim Kochen mit verdünnten Säuren in Zucker und Gallussäure; ebenso wird die Galläpfelgerbsäure durch Kalilauge in der Wärme und durch Fermente bei gewöhnlicher Temperatur zersetzt. Die Galläpfelgerbsäure ist ein unkrystallinisches, weisses, glänzendes Pulver, das in reinem Wasser ungemein leicht löslich ist, ebenso in Alkohol, weniger in wasserfreiem Aether. Aus einer wässerigen Lösung kann die Galläpfelgerbsäure durch Salze, wie Chlorkalium oder Chlornatrium, abgeschieden werden. Mit Eisenoxydsalzen giebt sie einen tiefschwarzen Niederschlag. Alkaloïde, Stärke, Eiweiss, Leim und Brechweinstein fällen sie weiss. Sehr vollständig kann man die Galläpfelgerbsäure ihrer Lösung durch ein Stück Haut oder Blase entziehen, welches man in letztere hineinlegt.

Von den anderen Gerbsäuren seien nur noch dem Namen nach erwähnt: Kaffeegerbsäure, Chinagerbsäure (liefert beim Schmelzen mit Kalihydrat Protocatechusäure, wie die meisten Gerbsäuren), Kinogerbsäure, Granatgerbsäure u. s. w.

Ausser diesen Glucosiden existirt noch eine sehr beträchtliche Anzahl von wohl charakterisirten Verbindungen, von denen nur noch einige erwähnt werden sollen.

Solanin, $C_{43}H_{71}NO_{16}$, in den Solanumarten, besonders in den jungen Keimen der Kartoffeln;

Aesculin, $C_{21}H_{24}O_{13}$, in der Rosskastanie;

Populin, $C_{20}H_{22}O_8$, in der Rinde und den Blättern der Espe;

Fraxin, $C_{27}H_{30}O_{17}$, in der Rinde der Esche und der Rosskastanie;

Daphnin, $C_{31}H_{34}O_{19}$, in der Rinde von Daphne alpina und Daphne mezereum;

Convolvulin, $C_{31}H_{50}O_{16}$ (Rhodeoretin), } in der Jalappa-
Jalappin, $C_{34}H_{56}O_{16}$, } wurzel;

Saponin, $C_{32}H_{54}O_{18}$, in der Seifenwurzel und vielen anderen Pflanzen (hat auch die Namen Senegin und Githagin erhalten);

Chinovin, $C_{30}H_{48}O_{6}$, in der Chinarinde, besonders in der unächten China nova.

Ferner noch einige, deren Formeln noch nicht mit Sicherheit festgestellt sind:

Glycyrrhizin, $C_{24}H_{36}O_{9}$ (?), im Süssholz;

Antiarin, $C_{28}H_{40}O_{10}$, im javanischen Pfeilgift;

Apiin, in der Petersilie.

H. Farbstoffe und Bitterstoffe.

I. Farbstoffe.

a) Hämatoxylin, $C_{16}H_{14}O_{6}$, ist ein in dem Campecheholz enthaltener krystallisirender Körper, der in ammoniakalischer Lösung in Berührung mit Luft in einen rothen Farbstoff, das Hämateïn, $C_{16}H_{12}O_{6}$, übergeht.

Aehnliche Körper enthalten Fernambuk- und Brasilienholz.

b) In der Wurzel von Gentiana lutea ist ein gelber Farbstoff, das Gentianin, $C_{14}H_{10}O_{5}$, enthalten.

c) Das Sandelholz enthält gleichfalls einen rothen Farbstoff, das Santalin, $C_{15}H_{14}O_{5}$;

d) Carthamin, $C_{14}H_{16}O_{7}$, ist der in Safflor enthaltene rothe Farbstoff. Derselbe liefert beim Schmelzen mit Kalihydrat Protocatechusäure.

e) Carminsäure, $C_{17}H_{18}O_{10}$, ist in der Cochenille enthalten; sie spaltet sich bei Einwirkung verdünnter Säuren in Carminroth, $C_{11}H_{12}O_{7}$, und eine Zuckerart, $C_{6}H_{10}O_{5}$.

Im Anschluss an diese Farbstoffe wollen wir einige in gewissen Flechtenarten enthaltene krystallisirende Verbindungen betrachten, welche zum Theil auch als Farbmaterialien Verwendung finden. Die in den Flechten fertig gebildeten Verbindungen zerfallen beim Erwärmen mit verdünnten Alkalien oder auch mit Alkohol oder Wasser, indem sich Orsellinsäure, $C_{8}H_{8}O_{4}$, und

eine andere Verbindung bildet. Da die Orsellinsäure selbst sehr leicht zerfällt in Orcin und Kohlensäure, so ist Orcin meist eines der Endproducte der Spaltung der Flechtenstoffe. Orcin ist ferner derjenige Bestandtheil, welcher zur Bildung von Farbstoffen Veranlassung giebt.

Die wichtigeren Flechtenstoffe sind folgende:

a) Orsellsäure, $C_{16}H_{14}O_7$ (Lecanorsäure), in Rocella tinctoria enthalten. Die Orsellsäure verwandelt sich beim Kochen mit Wasser unter Aufnahme von H_2O in Orsellinsäure.

b) Evernsäure, $C_{17}H_{16}O_7$, ist in der Evernia prunastri enthalten; sie liefert bei ihrer Spaltung Orsellinsäure und Everninsäure, $C_9H_{10}O_4$.

c) Usninsäure, $C_{18}H_{18}O_7$, ist in den meisten Flechten enthalten. Sie liefert bei der trocknen Destillation eine dem Orcin homologe Verbindung, das Betaorcin, $C_8H_{10}O_2$.

d) Erythrinsäure, $C_{20}H_{22}O_{10}$, ist in Rocella fuciformis enthalten; sie zerfällt in Orsellinsäure und Pykroerythrin, $C_{12}H_{16}O_7$, welches durch längere Behandlung mit Barytwasser in Kohlensäure, Orcin und Erythrit zerlegt wird.

Da man die Constitution des Orcins und des Erythrits kennt, so kann man die Constitutionsformeln der genannten Flechtenstoffe leicht entwickeln. Das Orcin hat die Formel $C_6H_3\left\{\begin{matrix}(OH)_2\\CH_3\end{matrix}\right.$, danach kommt der Orsellinsäure die Formel $C_6H_2\left\{\begin{matrix}COOH\\(OH)_2\\CH_3\end{matrix}\right.$ zu, welche das Zerfallen in Kohlensäure und Orcin leicht erklärt. Die Orsellsäure ist ein Anhydrid der Orsellinsäure und hat die Formel $C_6H_2\left\{\begin{matrix}COOH & & COOH\\OH & & OH\\ - & O & -\\CH_3 & & CH_3\end{matrix}\right\}C_6H_2$. Bedenkt man ferner, dass Erythrit die Formel $C_4H_6(OH)_4$ hat und nimmt an, dass das Pikroerythrin ein Aether des Erythrits und der Orsellinsäure ist, was durch das Zerfallen des Pikroerythrins in Erythrit und die Spaltungsproducte der Orsellinsäure, nämlich Kohlensäure und Orcin, wahrscheinlich gemacht ist, so gelangt man für das Pykroerythrin zu folgender Constitutionsformel: $C_4H_6\left\{\begin{matrix}(OH)_3 & & COOH\\ & & OH\\ - & O & -\\ & & CH_3\end{matrix}\right\}C_6H_2$; die Erythrinsäure ist nun der Orsellinsäureäther des Pikroerythrins und hat demnach entweder die Formel:

$$C_4H_6\left\{\begin{matrix}(OH)_2 & & \\ - & O & -\\ - & O & -\end{matrix}\right. {}_2\left[\left.\begin{matrix}COOH\\CH_3\\ -\\OH\end{matrix}\right\}C_6H_2\right]$$

welche andeutet, dass in dem viersäurigen Erythrit zwei Wasserstoffatome durch zweimal den einwerthigen Rest der Orsellinsäure (der sich in der Klammer [ ] eingeschlossen findet), vertreten sind; oder:

$$C_6H_2\left\{\begin{array}{lcr} COOH & & OH_3 \\ \text{———} & O & \text{——} \\ \text{- - - -} & O & \text{— -} \\ CH_3 & & OH \end{array}\right\}\begin{array}{l} C_4H_6 \\ \\ C_6H_2\left\{\begin{array}{l} CH_3 \\ COOH \end{array}\right. \end{array},$$

welche andeutet, dass die Erythrinsäure einen Aether der Orsellinsäure darstellt, worin ein Atom Wasserstoff der Orsellinsäure durch den einwerthigen Rest der Orsellinsäure (siehe oben) und ein anderes Atom Wasserstoff durch den einwerthigen Rest, $C_4H_6(OH)_3$, des Erythrits vertreten ist.

e) Vulpinsäure, $C_{19}H_{14}O_5$, ist in dem Wolfsmoose enthalten; beim Kochen mit Barytwasser spaltet sie sich in Alphatoluylsäure, Oxalsäure und Methylalkohol.

II. Bitterstoffe.

Als Bitterstoffe bezeichnet man eine Anzahl von Pflanzenstoffen, welche meist krystallisirbare, neutrale oder schwach sauer reagirende Verbindungen sind und zum Theil wegen ihrer physiologischen Wirkung Interesse haben. Die wenigsten sind genauer untersucht. Vornehmlich haben ihre Spaltungsproducte Wichtigkeit. Folgende Verbindungen gehören in diese Klasse:

a) Morin, $C_{12}H_{10}O_6$ }, im Gelbholz.
b) Maclurin, $C_{13}H_{10}O_6$ }

Morin wird sowohl durch Natriumamalgam als auch durch schmelzendes Kalihydrat in Phloroglucin verwandelt. Maclurin liefert beim Schmelzen mit Kalihydrat neben Phloroglucin noch Protocatechusäure;

c) Catechin, $C_{19}H_{18}O_8$, im Catechu;

d) Umbelliferon, $C_9H_6O_3$, im Seidelbast;

e) Athamanthin, $C_{24}H_{30}O_7$, in der Wurzel und dem halbreifen Samen von Athamanta Oreoselinum; es liefert bei seiner Spaltung neben Oroselon, $C_{14}H_{10}O_3$, Valeriansäure;

f) Peucedanin, $C_{12}H_{12}O_3$ (Imperatorin), in der Wurzel von Peucedanum officinale und Imperatoria ostruthium; es liefert bei seiner Spaltung neben Oroselin, $C_7H_6O_2$, Angelikasäure.

Oroselon kann durch Wasseraufnahme in Oroselin übergeführt werden nach der Gleichung: $C_{14}H_{10}O_3 + H_2O = 2C_7H_6O_2$;

g) Pikrotoxin, $C_{10}H_{12}O_4$, in den Kokkelskörnern;

h) Cantharidin, $C_5H_6O_2$, in den Canthariden;

i) Santonin, $C_{15}H_{18}O_3$, in den sog. Wurmsamen.

l) Aloïn, $C_{17}H_{18}O_7$, in der Barbadoes-Aloë. Es liefert beim Schmelzen mit Kalihydrat Paraoxybenzoësäure. Kochende concentrirte Salpetersäure erzeugt die Chrysamminsäure, $C_{14}H_2(NO_2)_4\left\{\begin{array}{l} O_2 \\ (OH)_2 \end{array}\right.$ (Tetranitrobioxyanthrachinon).

I. Aetherische Oele und Campherarten.

I. Aetherische Oele.

Als ätherische oder flüchtige Oele bezeichnet man in Pflanzen enthaltene Bestandtheile, welche sich beim Erhitzen der Pflanzen mit Wasser mit den Wasserdämpfen verflüchtigen. Die meisten ätherischen Oele sind bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, lassen sich jedoch durch Abkühlung in einen festen Theil, Stearopten, und einen flüssigen, Eläopten, scheiden. Die meisten ätherischen Oele sind ganz unzersetzt destillirbar. Erhitzt man sie, so geht anfangs ein Kohlenwasserstoff über, und später bei höherer Temperatur ein sauerstoffhaltiger Körper. Die ätherischen Oele sind in Wasser so gut wie unlöslich, theilen beim Schütteln demselben jedoch ihren charakteristischen Geruch mit. Die Oele sind zum grössten Theil Gemenge eines sauerstofffreien und eines sauerstoffhaltigen Körpers. Die sauerstofffreien Bestandtheile nennt man die Terpene; sie haben fast alle die gleiche procentische Zusammensetzung. Die sauerstoffhaltigen Bestandtheile sind sehr verschiedenartiger Natur, denn es finden sich sowohl Säuren als auch Alkohole, Aldehyde und Aether darunter. Die wichtigeren hierher gehörigen Verbindungen sind schon alle erwähnt und zum Theil beschrieben, und wir betrachten daher zunächst die sauerstofffreien Bestandtheile.

Es giebt drei Klassen von Terpenen. Die der ersten haben die Formel $C_{10}H_{16}$ und sieden bei 160—170° C., die der zweiten haben die Formel $C_{15}H_{24}$ und sieden bei 250—260° C., die der dritten haben die Formel $C_{20}H_{32}$ und sieden erst über 300° C.

Das Terpentinöl gehört in die erste Klasse und ist am genauesten untersucht. Zur Darstellung des Terpentinöls wird das Terpentin mit Wasser destillirt, wobei das Harz zurückbleibt. Es giebt mehrere verschiedene Sorten von Terpentinöl, die je nach ihrer Abstammung verschiedene physikalische Eigenschaften besitzen. Namentlich sind sie bezüglich ihres optischen Verhaltens verschieden. Das aus Pinus maritima dargestellte französische Terpentinöl dreht die Polarisationsebene des Lichts nach links, das aus Pinus australis dargestellte englische nach rechts.

Sehr leicht lassen sich durch Erwärmen oder durch Einwirkung von Säuren die physikalischen Eigenschaften des Terpentinöls verändern.

Schüttelt man Terpentinöl längere Zeit mit verdünnten Säuren, so verwandelt es sich in eine feste, krystallisirende Verbindung, Terpin, ($C_{10}H_{20}O_2 + H_2O$). Die wässerige Lösung des Terpins trübt sich beim Kochen mit wenig Salzsäure und es entsteht Terpinol, $C_{20}H_{34}O$ (?), ein nach Hyacinthen riechendes, bei

168° C. siedendes Oel. Terpin sowohl als Terpinol absorbiren Salzsäuregas und liefern zweifach salzsaures Terpentinöl, $C_{10}H_{16}$ 2HCl. Einfach salzsaures Terpentinöl, $C_{10}H_{16}HCl$, entsteht in zwei Modificationen, einer krystallinischen und einer flüssigen, wenn man Salzsäuregas in Terpentinöl leitet. Ueber Kalk destillirt, liefern beide Modificationen Kohlenwasserstoffe von der Zusammensetzung des Terpentinöls, aber wesentlich andere physikalische Eigenschaften; man hat dieselben Camphilen, Terpilen und Terepilen genannt.

Bei der Oxydation liefert das Terpentinöl Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Oxalsäure, Toluylsäure, Terephtalsäure und andere Säuren.

Ausser dem eigentlichen Terpentinöl sind noch folgende ätherische Oele, welche lediglich aus einem Kohlenwasserstoff bestehen, zu bemerken:

Citronenöl, $C_{10}H_{16}$, siedet bei 173° C.

Bergamottöl und Pomeranzenöl haben dieselbe Zusammensetzung, ebenso Wachholderbeeröl. Das doppelte Molecular und höheren Siedepunkt hat das Copaïvaöl, $C_{15}H_{24}$, welches bei 245—260° C. siedet.

Das Stearopten des Rosenöls ist ebenfalls ein Kohlenwasserstoff, der die Formel $C_{16}H_{34}$ hat, bei 75° C. schmilzt und bei 280—300° C. siedet.

II. Campherarten.

Die nur aus Stearopten bestehenden ätherischen Oele nennt man Campher, namentlich wenn sie frei von Kohlenwasserstoffen sind.

Es giebt hauptsächlich drei Arten von Campher, der japanische Campher, $C_{10}H_{16}O$, der Borneocampher, $C_{10}H_{18}O$, und der Menthencampher, $C_{10}H_{20}O$.

Der japanische Campher ist in grosser Menge im Holz von Laurus camphora enthalten. Mit wasserentziehenden Substanzen, wie Chlorzink, behandelt liefert er Kohlenwasserstoffe der aromatischen Gruppe. Alkoholisches Kali verwandelt ihn in Borneocampher. Gleichzeitig bildet sich eine Säure mit gleichviel Kohlenstoffatomen. Es verhält sich also der Campher wie ein Aldehyd und der Borneocampher wie ein Alkohol.

Borneocampher oder Camphol wird aus Dryobalanops camphora auf Sumatra gewonnen. Er verhält sich ganz wie ein Alkohol.

Menthencampher oder Menthol ist der feste Bestandtheil des ätherischen Pfeffermünzöls. Mit concentrirter Schwefelsäure liefert er unter Austritt von Wasser Menthen, $C_{10}H_{18}$.

Von den ätherischen Oelen sind hiernach als besonders wichtig folgende zu nennen:

Rautenöl, in der Gartenraute enthalten, ist ein Keton, welcher die beiden Radicale Methyl, $\mathrm{CH_3}$, und Nonyl, $\mathrm{C_9H_{19}}$ enthält. Es hat demnach die Formel $\mathrm{CH_3{-}CO{-}C_9H_{19}}$. Das gewöhnliche Rautenöl enthält übrigens, wenn auch in geringer Menge, noch andere kohlenstoffreichere Verbindungen.

Römisch Kamillenöl, aus Anthemis nobilis, enthält neben Terpentinöl einen sauerstoffhaltigen Körper, wahrscheinlich den Aether der Angelikasäure und des Angelikaalkohols; ferner ist Buttersäure darin enthalten. Durch Erhitzen mit Kalihydrat kann man aus dem Römisch Kamillenöl Angelikasäure, Buttersäure und Baldriansäure gewinnen.

Römisch Kümmelöl, aus Cuminum cyminum, enthält einen aromatischen Kohlenwasserstoff, Cymol, $\mathrm{C_{10}H_{14}}$, und Cuminol, den Aldehyd der Cuminsäure.

Zimmtöl, enthält hauptsächlich Cinnamol, den Aldehyd der Zimmtsäure.

Nelkenöl, enthält eine der Cuminsäure isomere Säure, die Nelkensäure, und einen Kohlenwasserstoff von der Formel $\mathrm{C_{15}H_{24}}$, der bei 254° siedet.

Spiräaöl, enthält salicylige Säure und Kohlenwasserstoffe.

Anisöl, Fenchelöl, Esdragonöl, enthalten einen gemeinsamen Stoff, das Anisstearopten oder Anethol, $\mathrm{C_{10}H_{12}O}$, das durch Oxydation in anisylige Säure verwandelt wird.

Thymianöl, enthält als Stearopten Thymol.

K. Harze, Balsame.

Weder die Harze, noch die Balsame sind als solche chemisch charakterisirte Substanzen, und ihre Beschreibung gehört deshalb nicht hierher. Man hat jedoch aus vielen Harzen oder Balsamen krystallisirende, reine, chemische Verbindungen dargestellt; ausserdem sind dieselben die Rohproducte für die Darstellung schon bekannter chemischer Verbindungen, so dass wir hier wenigstens die wichtigsten aufzählen wollen.

a) Terpentin, aus Pinus, Abies und anderen Nadelhölzern zu gewinnen. Nach der Destillation des Terpentins bleibt Colophonium zurück, welches zwei isomere krystallisirende Säuren, Silvinsäure und Pimarsäure, $\mathrm{C_{20}H_{30}O_2}$, enthält.

b) Copaïvaharz, aus dem Copaïvabalsam zu gewinnen, indem man denselben mit Wasser destillirt, wobei sich ein ätheri-

sches Oel ($\Theta_{20}H_{32}$) verflüchtigt, ist wesentlich Copaïvasäure, $\Theta_{20}H_{30}\Theta_2$.

c) Benzoëharz, aus Styrax benzoïn zu gewinnen, dient zur Darstellung der Benzoësäure und häufig auch der Zimmtsäure.

d) Storax, aus Styrax officinalis zu gewinnen, enthält Styrol, Styracin und Zimmtsäure.

e) Tolubalsam, aus Myrospermum toluiferum zu gewinnen, enthält ein flüchtiges Oel, Tolen, $\Theta_{10}H_{16}$, und Zimmtsäure; er liefert bei seiner Destillation Toluol.

f) Perubalsam enthält Zimmtsäurebenzyläther (Cinnameïn) und Styracin (Metacinnameïn).

Guajacharz, Copal, Elemiharz, Asa foetida, Dammarharz, Mastix, Olibanum, Sandarac, Acaroïdharz, Drachenblut, Gummigutt, Myrrhe, Galbanum und andere enthalten, wie die erstgenannten, zum Theil ätherische Oele, Harz, Gummi und zuweilen einen Farbstoff. Sie liefern beim Schmelzen mit Kalihydrat zum Theil werthvolle Zersetzungsproducte, unter denen Phloroglucin, Resorcin, Protocatechusäure und Paraoxybenzoësäure sind.

L. Gallenstoffe.

Die Galle der meisten Thierarten enthält in wechselndem Verhältnisse gemischt als feste Bestandtheile, die circa 10 Proc. der ganzen Masse ausmachen, neben unorganischen Salzen, Schleim, Fetten, Fleischmilchsäure, Cholin und einigen Farbstoffen, mehrere Körper, die wir hier beschreiben wollen. Vor allem wichtig ist das Cholesterin (ein einsäuriger Alkohol), ferner das Lecithin, eine sehr complicirt zusammengesetzte Verbindung von basischem Charakter, und zwei stickstoffhaltige Säuren, Cholsäure und Choleïnsäure, welche als Alkalisalze die Hauptmasse der festen Galle ausmachen. Die Schweinegalle enthält an Stelle dieser beiden Säuren zwei andere, die man Hyocholsäure und Hyocholeïnsäure genannt hat.

Wird eingedampfte Ochsengalle mit absolutem Alkohol ausgezogen, so lösen sich die eigentlichen Gallenstoffe, Schleim, Farbstoff und die unorganischen Salze bleiben ungelöst. Aus der alkoholischen Lösung entfernt man den Farbstoff durch Kochen mit Thierkohle, und fällt alsdann die Alkalisalze der Cholsäure und Choleïnsäure mit Aether als eine anfänglich amorphe, bald nadelförmig krystallinisch werdende Masse.

Diese Salze werden in Wasser gelöst und aus der Lösung durch Schwefelsäure die Cholsäure gefällt.

Die Cholsäure, $C_{26}H_{43}NO_6$, bildet sehr feine Nadeln, die in kaltem Wasser schwer, in heissem Wasser und in Alkohol leicht löslich sind. Bei der Behandlung mit verdünnter Säure verliert die Cholsäure zuerst H_2O und verwandelt sich in Cholonsäure, $C_{26}H_{41}NO_5$, die sich bei längerer Einwirkung von Säure zerlegt in Dyslysin, $C_{24}H_{36}O_3$, und Glycocoll. Als Zwischenproduct scheint hier eine Säure, die Choloïdinsäure, $C_{24}H_{38}O_4$ zu entstehen. Durch Wasseraufnahme, welche beim Kochen mit alkoholischer Kalilauge geschieht, kann das Dyslysin in eine Säure, die Cholalsäure, $C_{24}H_{40}O_5$, übergehen. Auch beim Kochen von Cholsäure mit Barythydrat spaltet sich dieselbe, indem Cholalsäure und Glycocoll entstehen.

Die Choleïnsäure, $C_{26}H_{45}NSO_7$, kommt nur in kleiner Menge in der Galle vor. Zu ihrer Darstellung versetzt man frische Galle mit einfach essigsaurem Bleioxyd, alsdann mit wenig Bleiessig, filtrirt und fällt im Filtrat durch Bleiessig choleïnsaures Bleioxyd aus, aus welchem die Choleïnsäure durch Schwefelwasserstoff abgeschieden wird. In freiem Zustand ist die Choleïnsäure sehr unbeständig, in ihren Alkalisalzen etwas beständiger. Kocht man ihre Lösung mit Kalilauge, so zerfällt sie in Cholalsäure und Taurin nach der Gleichung: $C_{26}H_{45}NSO_7 + H_2O = C_{24}H_{40}O_5 + C_2H_7NSO_3$.

Die Hyocholsäure und Hyocholeïnsäure spalten sich in analoger Weise.

Die Gallensäuren geben, mit Schwefelsäure und Zucker erwärmt, eine intensiv violette Flüssigkeit (Gallensäurereaction).

Cholesterin, $C_{26}H_{44}O$, ist ein constanter Bestandtheil der Galle und oft in ansehnlicher Menge darin enthalten. Uebrigens kommt das Cholesterin auch im Gehirn, im Eigelb, im Blut und manchen Secreten vor.

Auch in Pflanzen, z. B. in den Erbsen und anderen Hülsenfrüchten, hat man Cholesterin gefunden. Am besten stellt man es durch Auskochen der Gallensteine mit Alkohol dar, wobei es von heissem Alkohol gelöst wird, um sich beim Erkalten in feinen weissen Krystallen abzuscheiden. Das Cholesterin wird beim Befeuchten mit wenig Schwefelsäure und Jod bald violett, dann blau, grün und roth. Bei der Oxydation mit Salpetersäure liefert es mehrere Fettsäuren und eine neue Säure, die Cholesterinsäure, $C_8H_{10}O_5$, welche auch bei der Oxydation der Gallensäuren neben anderen sauren Körpern entsteht.

Die Gallenstoffe zeigen sich zum Theil optisch activ. Cholsäure, Choleïnsäure, Cholalsäure und Hyocholsäure sind rechtsdrehend, Cholesterin linksdrehend.

Von den Gallenfarbstoffen sind folgende einigermaassen charakterisirt:

Bilirubin, $C_{16}H_{18}N_2O_3$, in der Galle der Menschen und fleischfressenden Thiere;

Biliverdin, $C_{16}H_{20}N_2O_5$, entsteht aus Bilirubin durch Aufnahme von Sauerstoff;

Bilifuscin, $C_{16}H_{20}N_2O_4$ }, in den Gallensteinen enthalten.
Biliprasin, $C_{16}H_{22}N_2O_6$ }

Durch Salpetersäure erleiden diese Farbstoffe Farbenveränderungen, sie werden zuerst grün, dann blau, violett, roth, zuletzt gelb.

M. Proteïnstoffe.

Als Proteïnstoffe bezeichnet man eine Anzahl von Verbindungen, welche sich fertig gebildet im Pflanzen- und Thierorganismus finden, in ihren Zusammensetzungen und Eigenschaften unter einander sehr ähnlich sind und sich wohl auf eine gemeinschaftliche Abstammung zurückführen lassen. Dieselben werden, so viel bis jetzt bekannt, nur im Pflanzenorganismus erzeugt und gelangen von da in den Thierkörper, indem sie mancherlei Abänderungen erleiden können. Keiner der Proteïnstoffe ist als chemische Verbindung charakterisirt. Ihre Zusammensetzung variirt nur wenig von einander, und wird dieselbe ungefähr durch folgende Procentzahlen ausgedrückt: Kohlenstoff, 50—54 Proc., Wasserstoff, circa 7 Proc., Stickstoff, 15—17 Proc., Sauerstoff, circa 25 Proc., und Schwefel, 0,9—1,7 Proc. Beim Verbrennen hinterlassen sie eine kleine Menge, etwa 0,5—1,5 Proc. Asche, welche der Hauptmenge nach aus phosphorsaurem Kalk und Eisenoxyd besteht. Wir können folgende allgemeine Eigenschaften derselben bemerken.

Die meisten Proteïnstoffe existiren in einer löslichen und einer unlöslichen Modification. Die lösliche Modification ist in den Pflanzen und Thieren enthalten; sie kann nur sehr schwierig und nie ganz rein dargestellt werden; so stellt sie eine durchsichtige gallertartige Masse dar, die in Wasser löslich, in Alkohol und Aether unlöslich ist. Durch Mineralsäuren, durch viele Metallsalze und Gerbsäure werden die Proteïnstoffe aus ihren wässerigen Lösungen gefällt, wobei sie in die unlösliche Modification übergehen.

Die unlöslichen Proteïnstoffe sind ebenfalls nicht krystallisirbar, ohne Geruch und Geschmack. Verdünnte Kalilauge löst sie

beim Erwärmen auf. Aus der Lösung werden sie durch Mineralsäuren wieder gefällt. Essigsäure scheidet sie gleichfalls ab; im Ueberschuss derselben sind sie jedoch löslich; ebenso verhält sich Phosphorsäure. Einige Proteïnstoffe sind auch in erwärmten verdünnten Mineralsäuren löslich.

Es ist eine charakteristische Eigenschaft der Proteïnstoffe, sich beim Erwärmen mit einer verdünnten Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd, welche salpetrige Säure enthält, roth zu färben (Millons Reagens). Beim Erhitzen schmelzen sie zuerst, zersetzen sich aber bald, indem eine grosse Anzahl von Stoffen entsteht, unter denen Ammoniakverbindungen sind. Sie gehen leicht in Fäulniss über, wenn sie feucht sind. In trocknem Zustand halten sie sich lange unverändert. Unter den Producten der Fäulniss befindet sich Tyrosin (pag. 526). Bei ihrer Oxydation mit Braunstein und Schwefelsäure oder saurem chromsaurem Kali und Schwefelsäure entstehen sehr zahlreiche Producte, unter denen Ameisensäure, Essigsäure und andere Fettsäuren, ferner Benzoësäure, sowie mehrere Aldehyde, Blausäure und derartige Stickstoffverbindungen sich befinden.

Die Proteïnstoffe unterscheiden sich als freiwillig gerinnende und solche, welche erst bei höherer Temperatur (60—70° C.) gerinnen. Die ersten sind die F i b r i n e; dieselben sind in Pflanzen- und Thiersäften gelöst, gerinnen jedoch sehr bald von selbst, d. h. werden in fester Form abgeschieden, nachdem sie den Organismus verlassen haben; die eigentlichen Albumine gerinnen erst beim Erwärmen. Das Caseïn wird durch eine eigenthümliche Wirkung der Schleimhaut des Kälbermagens (Lab) zum Gerinnen gebracht und ist das Prototyp einer dritten Klasse von Proteïnstoffen. Die wichtigeren Proteïnstoffe sind folgende:

a) A l b u m i n. Dieser Körper kommt in drei Formen vor, nämlich als E i e r a l b u m i n, welches sich nur in den Vogeleiern findet, als B l u t a l b u m i n, welches einen Bestandtheil des Blutserums ausmacht, und als P f l a n z e n a l b u m i n, das in Pflanzensäften enthalten ist. Im Eidotter ist eine vierte Albuminart enthalten, welche man V i t e l l i n genannt hat.

b) C a s e ï n, ist in der Milch der Säugethiere enthalten, aus der es durch eine Mineralsäure als weisse coagulirte Masse abgeschieden wird. In den Pflanzen, namentlich den Hülsenfrüchten, ist ein dem Caseïn sehr ähnlicher Stoff enthalten, den man L e g u m i n oder Pflanzencaseïn genannt hat.

c) F i b r i n, welches nur in unlöslichem Zustande bekannt ist, scheidet sich freiwillig aus dem Blute ab, nachdem es den lebenden Organismus verlassen hat. In den Getreidearten ist ein dem Fibrin ähnlicher Stoff, das P f l a n z e n f i b r i n (K l e b e r, G l u t e n), und in den Muskeln ein anderer fibrinartiger Körper, das M y o -

sin, enthalten. Letzteres zeigt viel Aehnlichkeit mit dem Vitellin.

Einige andere Substanzen, welche sich den genannten bezüglich ihres Vorkommens und vieler Eigenschaften anreihen, sind schon mehrfach erwähnt worden. Es ist das Emulsin oder Synaptas, ein in den Mandeln enthaltener Proteïnstoff, und die Diastase, welche beim Keimen der Getreidesamen aus dem darin enthaltenen Pflanzenfibrin entsteht.

Durch Digestion mit dem sauren Magensaft werden die unlöslichen Proteïnkörper in Peptone verwandelt.

N. Anderweitige Thierstoffe.

Es bleiben noch einige Verbindungen übrig, welche im Thierorganismus erzeugt werden und Erwähnung verdienen.

Lecithin, $C_{42}H_{84}NPO_9$, kommt im Thierorganismus sehr häufig vor. Es ist im Gehirn, im Eidotter, in der Galle, im Blute und anderen Theilen des Thierkörpers enthalten.

Am praktischsten stellt man es aus dem Eidotter dar, den man mit Aetherweingeist (Gemisch aus Aether und Weingeist) auszieht, verdunstet den Aether möglich vollständig, setzt hierauf Weingeist und eine weingeistige Lösung von Platinchlorid zu. Das Lecithin wird hierdurch in Form eines Platindoppelsalzes niedergeschlagen. Durch Schwefelwasserstoff wird es aus diesem Salze wieder abgeschieden. Es bildet eine undeutlich krystallinische Masse, die in Wasser aufquillt ohne sich zu lösen, in Weingeist und Aether aber löslich ist. Beim Erwärmen mit verdünnten Säuren oder Basen wird das Lecithin zersetzt, und es entstehen Cholin, Margarinsäure, Oelsäure und ein saurer Phosphorsäureäther des Glycerins. Es scheint demnach eine Verbindung des Cholins mit einer Glycerinphosphorsäure zu sein, deren im Glycerin enthaltene Hydroxylwasserstoffe durch die Radicale der Margarinsäure und Oelsäure vertreten sind. Danach könnte man dem Lecithin etwa folgende Constitutionsformel geben:

$$<\begin{matrix} CH_2 - O - P(OH) - O\ C_3H_5 \left\{ \begin{matrix} OC_{18}H_{33}O \\ OC_{18}H_{31}O \end{matrix} \right. \\ CH_2 - N(CH_3)_3OH \end{matrix}$$

Hämoglobin ist der bei einigen Thierklassen krystallisirende Bestandtheil der Blutkörperchen. Zu seiner Darstellung befreit man zunächst Blut durch Schlagen von Fibrin, vermischt alsdann mit dem gleichen Volumen Wasser und setzt ein halb Volumen Weingeist zu. Nach mehrstündigem Stehen bei 0° C. hat

sich aus dieser Flüssigkeit Hämoglobin in rothen, dichroistischen Tafeln abgesetzt. In Wasser löst es sich zu einer blutrothen Flüssigkeit auf. Die Krystalle des Hämoglobins absorbiren leicht gewisse gasförmige Körper, z. B. Sauerstoff, Kohlenoxyd, Stickstoffoxyd und andere; auch mit Blausäure bilden sie eine Verbindung.

Eine Lösung von Hämoglobin gerinnt beim Erwärmen, und zwar um so leichter, je concentrirter sie ist; hierbei erleidet das Hämoglobin eine Spaltung in Hämatin und einen albuminartigen Körper, der nicht genau bekannt ist.

Das Hämatin selbst ist eine amorphe Substanz, es bildet aber mit Salzsäure eine krystallisirende Verbindung, die jedoch nicht durch Auflösen von Hämatin in Salzsäure erhalten werden kann, sondern aus Blut direct dargestellt wird. Zu ihrer Darstellung scheidet man aus defibrinirtem Blut die Blutkügelchen mit Kochsalz ab, trocknet dieselben, behandelt sie in der Wärme mit Eisessig bis alle Flecke gelöst sind und lässt nach dem Verdünnen mit Wasser stehen, wobei die Krystalle der genannten Verbindung abgeschieden werden. Für das salzsaure Hämatin oder Hämin hat man die Formel $C_{96}H_{102}N_{12}Fe_3O_{18}$, 2HCl angegeben. Die Häminkrystalle sind in Salzsäure löslich, ebenso sehr leicht in Alkalien.

Sericin, $C_{15}H_{25}O_5O_8$. Aus der Seide kann man durch Behandlung mit Wasser das Sericin oder Seidenleim ausziehen; aus seiner wässerigen Lösung lässt es sich mit Bleiessig fällen. Es verhält sich gegen Wasser wie Leim, wird aus seiner Lösung durch Weingeist gefällt und bildet getrocknet ein farbloses, zerreibliches Pulver. Durch Kochen mit verdünnten Säuren wird es zersetzt, indem Glycocoll, Leucin, Tyrosin und Serin, $C_3H_7NO_3$, entstehen.

Das Serin liefert bei der Behandlung mit salpetriger Säure Glycerinsäure. Man kann ihm daher folgende Constitutionsformel

geben: $\left\langle\begin{array}{l} COOH \\ CHOH \\ CH_2NH_2 \end{array}\right.$ (Amidoglycerinsäure).

Organische Elementaranalyse.

A. Qualitative Analyse organischer Körper.

Die qualitative organische Elementaranalyse hat den Zweck die qualitative Zusammensetzung organischer Verbindungen kennen zu lernen. Die wesentlichen Bestandtheile einer organischen Verbindung sind, abgesehen vom Kohlenstoff, der in allen enthalten ist, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff; ferner sind in vielen organischen Verbindungen Chlor, Brom, Jod, Schwefel, Phosphor, Arsen und Metalle enthalten. Die erste Operation, die man mit einer Substanz behufs ihrer qualitativen Analyse vorzunehmen hat, ist die Prüfung auf Kohlenstoff, d. h. die Feststellung, ob man es überhaupt mit einer organischen oder anorganischen Verbindung zu thun hat. Bei den natürlich vorkommenden Körpern hat man stets auch einen etwaigen Gehalt an Aschebestandtheilen zu berücksichtigen. Man erhält dieselben beim Glühen der betreffenden Substanz und untersucht sie nach den für die Analyse anorganischer Körper angegebenen Methoden (pag. 245 — pag. 252). Wir wollen im Folgenden die Methoden etwas kennen lernen, welche man zur Nachweisung der oben genannten Elemente in organischen Verbindungen einschlägt.

I. Nachweisung des Kohlenstoffs.

Die meisten organischen Kohlenstoffverbindungen (zu denen die kohlensauren Salze nicht gerechnet werden), verkohlen beim Glühen, d. h. sie scheiden schwarze Kohle ab. Alle leicht und unzersetzt flüchtigen organischen Verbindungen verkohlen jedoch nicht, wie z. B. Aether, Weingeist, Benzol, Essigsäure und andere. Um in solchen Stoffen Kohlenstoff nachzuweisen, muss man ihre Dämpfe über glühendes Kupferoxyd leiten und beobachten,

ob Kohlensäure, die leicht an der Trübung, die sie in Kalkwasser hervorbringt, erkannt werden kann, entsteht.

Am besten ist es, in ähnlicher Weise auch die nicht flüchtigen Stoffe auf Kohlenstoff zu prüfen, da es oft nicht sicher ist, ob eine beim Glühen einer Substanz eintretende Schwärzung von der Ausscheidung von Kohle herrührt.

II. Nachweisung des Wasserstoffs.

Wasserstoffhaltige organische Verbindungen geben beim Erhitzen mit Kupferoxyd Wasser ab. Viele organische Stoffe liefern schon beim Erhitzen für sich Wasser. Nimmt man die Zersetzung in einer Glasröhre vor, die an einem Ende zugeschmolzen ist, so beobachtet man die Entstehung kleiner Wassertröpfchen in den kalt gebliebenen Theilen der Röhre.

III. Nachweisung des Stickstoffs.

Die meisten stickstoffhaltigen organischen Verbindungen entwickeln beim Erhitzen für sich Dämpfe, welche freies Ammoniak enthalten. Die alkalische Reaction dieser Dämpfe, sowie die Nebelbildung bei der Annäherung eines mit Salzsäure befeuchteten Glasstabes, lassen die Anwesenheit von Ammoniak in diesen Dämpfen erkennen. Sicherer ist es dagegen, die organischen Verbindungen behufs der Nachweisung des Stickstoffs mit Natronhydrat oder Kalkhydrat zu glühen, wobei die etwa neben dem Ammoniak beim Erhitzen entstehenden Säuren, welche mit dem Ammoniak verbunden in die Dämpfe eingehen und dessen Reaction auf Lackmus sowie die Nebelbildung mit Salzsäure verhindern, von den Basen zurückgehalten werden.

Die Nitroverbindungen und einige Cyanverbindungen liefern jedoch weder beim Glühen mit Natron- oder Kalkhydrat, noch für sich Ammoniak. Um in ihnen den Stickstoff nachzuweisen, muss man sie mit einem kleinen Stückchen Natrium in einem Glasröhrchen erhitzen, wobei die Bildung von Cyannatrium meist von einer kleinen Detonation begleitet ist. Den Glührückstand, der also den Stickstoff der organischen Substanz als Cyannatrium enthält, löst man (mit Vorsicht) in Wasser auf, filtrirt wenn nöthig und fügt eine oxydhaltige Eisenvitriollösung zu, erwärmt die trübe Flüssigkeit ein wenig und säuert hierauf mit verdünnter Salzsäure an; bei Anwesenheit von Stickstoff entsteht nun ein Niederschlag von Berlinerblau. Das in der Schmelze enthaltene Cyannatrium liefert nämlich mit dem Eisenoxydulsalz in der alkalischen Flüssigkeit Ferrocyankalium, welches sich beim Ansäuern mit dem vorhandenen Eisenoxyd zu Berlinerblau umsetzt.

IV. Nachweisung des Schwefels und des Phosphors.

Am sichersten zerstört man die schwefel- oder phosphorhaltigen organischen Verbindungen durch Schmelzen mit Kalihydrat und Salpeter, wobei Schwefel zu Schwefelsäure, Phosphor zu Phosphorsäure oxydirt wird. Man löst alsdann die Schmelze in Wasser auf, säuert mit Salzsäure an und prüft mit Chlorbaryum auf Schwefelsäure oder mit molybdänsaurem Ammoniak (215 pag. 245) oder schwefelsaurer Magnesia, Ammoniak und Salmiak (214 pag. 245) auf Phosphorsäure.

V. Sauerstoff

wird qualitativ nicht nachgewiesen; seine Anwesenheit wird erst bei der quantitativen Elementaranalyse erkannt, und zwar aus der Differenz der durch die Analyse gefundenen Menge der Bestandtheile einer organischen Verbindung und der zur Analyse verwendeten Menge derselben.

VI. Nachweisung des Chlors, Broms oder Jods.

Die Halogene sind in organischen Verbindungen entweder als Wasserstoffsäuren enthalten, dann können sie nach den gewöhnlichen Erkennungsmethoden direct nachgewiesen werden; oder in innigerer Verbindung, wie z. B. in den Substitutionsproducten oder in Haloïdäthern der Alkoholradicale.

In vielen Fällen lassen sich die Halogene den organischen Verbindungen durch Natriumamalgam entziehen, wobei sich Chlor-, Brom- oder Jodnatrium bildet, in denen die Halogene nachgewiesen werden. Am sichersten ist es jedoch, die organische Verbindung mit Kalk zu glühen; es bildet sich dann Chlorcalcium, Bromcalcium oder Jodcalcium. Man löst die geglühte Masse in verdünnter Salpetersäure auf und prüft auf die Halogene mit den gewöhnlichen Reagentien.

Behufs Nachweisung der Metalle und anderer Elemente in organischen Verbindungen werden dieselben in der Regel durch Glühen zerstört, wobei die Metalle als Aschebestandtheile zurückbleiben. Flüchtige Metallverbindungen, wie Zinkäthyl, müssen selbstverständlich mit solchen Substanzen vermischt werden, welche ihre Flüchtigkeit dadurch aufheben, dass sie dieselben zersetzen.

B. Quantitative Analyse organischer Körper.

Die quantitative Elementaranalyse gebraucht dieselben Reactionen, wie die qualitative Analyse, und es sind nur bei der Bestimmung einiger Elemente bestimmte Modificationen nothwendig, welche die quantitative Ausführung der betreffenden Reactionen möglich machen. Vor allem erfordern die Bestimmungen des Kohlenstoffs und Wasserstoffs sowie des Stickstoffs einige Abänderungen. Wir wollen dieselben etwas näher kennen lernen.

I. Bestimmung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs.

Kohlenstoff und Wasserstoff werden stets in einer Operation bestimmt. Die abgewogene organische Substanz wird in einer Röhre mit Kupferoxyd oder chromsaurem Bleioxyd, welche man durch Erhitzen vorher wasserfrei gemacht hat, gemischt und durch Erhitzen zum Glühen verbrannt. Die entstehende Kohlensäure und Wasser werden durch Apparate geleitet, in welchen dieselben einzeln absorbirt werden. Die Verbrennungsröhre ist an einem Ende zugeschmolzen und am anderen Ende mit einem durchbohrten, gut schliessenden Stopfen versehen; durch diesen Stopfen wird das eine Ende einer Röhre gesteckt, welche mit Chlorcalciumstückchen gefüllt ist und zur Aufnahme des Wassers dient; hieran ist ein anderer Apparat luftdicht angefügt, welcher Kalilauge enthält und die Kohlensäure aufnehmen soll. Beide Apparate, sowohl die Chlorcalciumröhre als auch der Kaliapparat, sind vor der Verbrennung einzeln gewogen; die nach der Verbrennung durch erneute Wägungen zu bestimmenden Gewichtsvermehrungen geben das Wasser und die Kohlensäure, welche bei der Verbrennung entstanden sind.

Enthält die organische Substanz ausser Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff noch Stickstoff oder ein Halogen, so ist es nothwendig, die bei der Verbrennung sich entwickelnden Dämpfe, welche in diesem Falle Stickstoffoxyd und andere Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs oder freies Chlor, Brom oder Jod enthalten, über erhitztes Kupfer zu leiten, welches aus den Oxyden des Stickstoffs den Sauerstoff wegnimmt und den Stickstoff allein entweichen lässt, der dann unabsorbirt durch die Absorptionsapparate durchgeht, oder Chlor, Brom oder Jod vollständig zurückhält.

Damit die Verbrennung eine vollständige sei, leitet man meistens zuletzt noch reines Sauerstoffgas, welches die noch unverbrannte Kohle in Kohlensäure verwandelt, durch die glühende Verbrennungsröhre.

Die genauere Ausführung des Versuchs kann man nur durch Anschauung kennen lernen, weshalb hier von der speciellen Beschreibung der einzelnen Operationen Abstand genommen wird.

II. Bestimmung des Stickstoffs.

a) Als Ammoniak. Man mischt die abgewogene organische Substanz mit einem sehr grossen Ueberschuss von Natronkalk, der durch gelindes Glühen eines mit Natronlauge getränkten Kalkes erhalten wird, und erhitzt dieses Gemisch in einer an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre zum Glühen. Der Stickstoff entweicht vollständig als Ammoniak, welches man in verdünnter Salzsäure auffängt und nach 231 pag. 256 bestimmt. Nach dieser Methode kann der Stickstoff in allen denjenigen Verbindungen bestimmt werden, welche denselben in der Form von Ammoniakstickstoff enthalten, wie z. B. die Aminbasen und die Alkaloïde. Die Cyanverbindungen gestatten nur in einzelnen Fällen die Bestimmung des Stickstoffs nach dieser Methode.

Viele der genannten Stickstoffverbindungen liefern beim Glühen mit Natronkalk jedoch neben Ammoniak eine variirende Menge von flüchtigen Aminbasen, wie Methylamin oder Anilin und ähnliche. Es versteht sich von selbst, dass man in einem solchen Falle den durch Platinchlorid in der sauern Absorptionsflüssigkeit entstehenden Niederschlag nicht als Platinsalmiak behandeln darf. In einem solchen Falle ist es nothwendig, den Niederschlag vorsichtig zu erhitzen, um das in dem Platindoppelsalz enthaltene Platin metallisch abzuscheiden. Nachdem dessen Gewicht bestimmt ist, ist die Berechnung eine höchst einfache, da für jedes Atom Platin zwei Atome Stickstoff oder für je 198 Theile Platin 28 Theile Stickstoff in Rechnung zu bringen sind, denn die organischen Basen, vor allem die flüchtigen, welche bei diesem Versuche erhalten werden können, bilden mit Platinchlorid Doppelsalze, welche wie der Platinsalmiak, auf ein Atom Platin zwei Atome Stickstoff enthalten.

b) Als Stickstoff (sogen. volumetrische Stickstoffbestimmung). Alle diejenigen organischen Verbindungen, welche eine Bestimmung ihres Stickstoffs nach der vorigen Methode nicht gestatten, werden in folgender Weise behandelt. Man verbrennt dieselben in einer Röhre mit Kupferoxyd, leitet die entstehenden Dämpfe oder Gase, Kohlensäure, Wasser und Oxyde des Stickstoffs, über metallisches Kupfer, und sammelt dieselben in einem graduirten Cylinder über Quecksilber und Kalilauge an; nach der vollständigen Verbrennung lässt man die Kohlensäure von der Kalilauge vollständig absorbiren und misst das erhaltene Stickstoffvolumen. Aus der gefundenen Anzahl Cubikcentimeter Stick-

stoff berechnet man nach folgender Gleichung die Menge des Stickstoffs in Grammen:

$$P = \frac{V.}{1 + \alpha t} \cdot \frac{(B - f)}{760} \cdot 0{,}001256;$$

worin P das gesuchte Gewicht, V das beobachtete Volumen, B der während der Messung herrschende Barometerstand, f die Tension des Wasserdampfs bei t-Graden, t die Temperatur während der Messung in Celsiusgraden, α den Ausdehnungscoëfficient der Gase, 760 den normalen Barometerstand in Millimetern und 0,001256 das Gewicht von einem Cubikcentimeter Stickstoff bei 0° C. und 760 Millimetern Barometerstand bedeutet.

Allgemeine Bemerkungen.

Die im speciellen Theile benutzten Formeln sind verschiedenartige. Wir haben uns bei der anorganischen Chemie mit den Aequivalentformeln vertraut gemacht und bei den organischen Verbindungen ausschliesslich atomistische Formeln gebraucht. Es ist in der Einleitung zur zweiten Abtheilung hinreichend ausführlich auf den Unterschied dieser beiden Arten von Formeln aufmerksam gemacht und vornehmlich gezeigt worden, dass um den Betrachtungen über die innere Structur der chemischen Verbindungen einen Ausdruck zu geben, einzig und allein die atomistischen Formeln brauchbar sind. Nachdem wir nun im Verlauf der Beschreibung der organischen Verbindungen hinreichend Gelegenheit hatten, uns mit den Principien bekannt zu machen, welche für die Beantwortung der Frage nach der Structur der chemischen Verbindungen massgebend sind, können wir nun versuchen dieselben Methoden auch auf die anorganischen Verbindungen anzuwenden; bei letzteren ist jedoch die Entscheidung in der Regel eine viel unsicherere, da hier nur in den seltensten Fällen eine so grosse Anzahl von chemischen Metamorphosen zur Verfügung steht, wie dies bei organischen Verbindungen der Fall ist.

Ehe wir uns jedoch zu der Beantwortung der Frage nach der Structur der anorganischen Verbindungen wenden, wollen wir uns noch etwas genauer mit den atomistischen Formeln derselben bekannt machen.

Ist die Aequivalentformel einer Verbindung bekannt, so ist es in der Regel nicht schwer, die atomistische Formel daraus abzuleiten, da Aequivalent- und Atomzeichen eine sehr ähnliche Bedeutung haben. Das Verfahren, welches zu obigem Zwecke einzuschlagen ist, ist schon pag. 328 und 329 angegeben worden; es sind uns daselbst und auf pag. 316 die atomistischen Formeln einer Anzahl anorganischer Verbindungen mitgetheilt, wie sie sich aus

den Aequivalentformeln ableiten; weiter ist im Verlauf der dortigen Betrachtungen kurz gezeigt, wie sich die Formeln der Salze entwickeln lassen. Wir wollen nun diesen letzteren Punkt etwas genauer ins Auge fassen, zumal die Formeln der sauren und basischen Salze kennen lernen.

Die Aequivalentformeln dieser Arten von Salzen sind in der Einleitung zur anorganischen Chemie pag. 37 zum Theil allgemein entwickelt worden. Dort ist die für die Aequivalentformeln vollkommen passende dualistische Schreibweise gewählt, die andere mehr den atomistischen Formeln sich nähernde Schreibweise zwar in den unmittelbar vorhergegangenen Betrachtungen angedeutet, aber nicht specieller ausgeführt worden.

Die letztere Auffassung nimmt, wie dort gezeigt ist, die Vertretung von Wasserstoff der Säure durch Metalle oder die Vertretung von Wasserstoff der Hydrate der Basen durch Radicale von Säuren an. Mit den atomistischen Formeln müssen wir uns dieser Auffassung anschliessen, bahnen uns aber auch damit den Weg zur Erkenntniss der chemischen Structur dieser Verbindungen. Haben wir demnach die Formeln der Säuren, so können wir uns die Formeln ihrer Salze leicht ableiten, indem wir zur Herstellung der Formeln der Neutralsalze nur sämmtlichen Wasserstoff der Säure durch eine gleichwerthige Menge Metall zu ersetzen haben, wie dies in den Formeln pag. 331 geschehen ist. Dass wir bei der Entwicklung der atomistischen Formeln der Salze die Werthigkeit der Metalle kennen müssen und verwerthen können, versteht sich wohl von selbst.

Saure Salze können nur von mehrbasischen Säuren gebildet werden. Wir haben diese Ansicht schon in der Einleitung zur anorganischen Chemie pag. 100 und 101 als eine wahrscheinlich richtige bezeichnet. Nach den Erfahrungen, die wir bei den mehrbasischen Säuren, namentlich den mehrbasischen organischen Säuren, gemacht haben, können wir den Satz jetzt dahin abändern, dass wir sagen: Alle diejenigen Säuren, welche saure Salze liefern können, sind mehrbasisch. Die Schwefelsäure, Kohlensäure, schweflige Säure und Schwefelwasserstoffsäure müssen zweibasisch sein, denn sie bilden eine Art von sauren Salzen. Damit stimmen denn auch die pag. 316 für diese Säuren gegebenen Formeln überein, welche besagen, dass die Molecüle dieser Säuren je zwei Atome Wasserstoff enthalten, welche bei der Salzbildung durch Metalle vertreten werden.

Wir haben es also nur mit sauren Salzen der mehrbasischen Säuren zu thun.

Es ist fast selbstverständlich, dass hiernach basische Salze nur von solchen Basen gebildet werden können, welche mehrsäurig

sind, dass wir also alle diejenigen Basen mehrsäurig nennen können, welche basische Salze zu liefern im Stande sind.

In Folgendem sind die Formeln einiger sauren und einiger basischen Salze zusammengestellt:

SO_4H_2 Schwefelsäure	SO_4HK Saures schwefelsaures Kali	
SO_3H_2 Schweflige Säure	SO_3HK Saures schwefligsaures Kali	
CO_3H_2 Kohlensäure (-hydrat)	CO_3HK Saures oder doppeltkohlensaures Kali	
PO_4H_3 Phosphorsäure	PO_4H_2K Saures phosphorsaures Kali	PO_4HK_2 (Saures) phosphorsaures Kali
	$(PO_4)_2H_4Ca$ Saurer phosphorsaurer Kalk	PO_4HCa (Saurer) phosphorsaurer Kalk
HgO_2H_2 Quecksilberoxyd (-hydrat)	$Hg(OH)(NO_3)$ oder $HgO_2H(NO_2)$ Basisch salpetersaures Quecksilberoxyd	
PbO_2H Bleioxydhydrat	$Pb(OH)(NO_3)$ oder $PbO_2H(NO_2)$ Basisch salpetersaures Bleioxyd.	

Um den Gebrauch der atomistischen Formeln zu zeigen, wollen wir einige der in der ersten Abtheilung aufgeführten Zersetzungsgleichungen hier unter Anwendung atomistischer Formeln reproduciren:

(Gleichung pag. 49. Braunstein und Schwefelsäure)

$$MnO_2 + SO_4H_2 = MnSO_4 + H_2O + O;$$

(Gleichung pag. 54, Salpetrigsaures Kali und Salmiak)

$$KNO_2 + NH_4Cl = KCl + 2H_2O + N_2;$$

(Gleichung pag. 62, c 2) Kupfer und Salpetersäure)

$$3Cu + 8NO_3H = 3(Cu(NO_3)_2) + 2NO + 4H_2O;$$

(Gleichung pag. 62, c 3) Eisenvitriol, Salpetersäure u. Schwefelsäure)

$$6FeSO_4 + 2NO_3H + 3SO_4H_2 = 3(Fe_2(SO_4)_3) + 2NO + 4H_2O;$$

(Gleichung pag. 81, saurer phosphorsaurer Kalk und Ammoniak)

$$3((PO_4)_2H_4Ca) + 4(NH_4)_2O = (PO_4)_2Ca_3 + 4(PO_4H(NH_4)_2) + 4H_2O.$$

Wir überlassen es dem Leser, mit Hülfe des über die Umwandlung der Aequivalentformeln in die atomistischen Formeln Gesagten, die Uebereinstimmung dieser Gleichungen mit den citirten aus früheren Abschnitten zu constatiren.

Wenden wir uns nun zu den Betrachtungen über die Structur der anorganischen Verbindungen, so finden wir bei den meisten Metallverbindungen keine grossen Schwierigkeiten. Nehmen wir beispielsweise die Verbindungen des Magnesiums, so gelangen wir zu folgenden Formeln:

$Mg{=}\Theta$	$H{-}\Theta{-}Mg{-}\Theta{-}H$	$Cl{-}Mg{-}Cl$
Magnesia	Magnesiahydrat	Chlormagnesium.

Die Sauerstoffverbindungen, die Basen und die Chlorverbindungen der anderen zweiwerthigen Metalle sind ebenso höchst einfach construirt. Aus der Formel des Magnesiahydrats lassen sich dann leicht die Formeln der Magnesiasalze ableiten, indem man die beiden H durch die Radicale der Säure vertreten lässt, z. B.:

$$(N\Theta_2){-}\Theta{-}Mg{-}\Theta{-}(N\Theta_2),$$

Salpetersaure Magnesia

$$\begin{matrix}\Theta{-}Mg{-}\Theta\\ {-}S\Theta_2{-}\end{matrix}$$

Schwefelsaure Magnesia.

Die Verbindungen der dreiwerthigen Metalle sind ähnlich einfach construirt, z. B. die des Wismuths:

$\begin{matrix}(H\Theta){-}Bi{-}(\Theta H)\\ \mid\\ (\Theta H)\end{matrix}$	$\begin{matrix}Cl{-}Bi{-}Cl\\ \mid\\ Cl\end{matrix}$	$\begin{matrix}((N\Theta_2)\Theta){-}Bi{-}(\Theta(N\Theta_2))\\ \mid\\ (\Theta(N\Theta_2))\end{matrix}$
Wismuthoxydhydrat	Chlorwismuth	Salpetersaures Wismuthoxyd.

Aus diesen Formeln lassen sich die Formeln der Verbindungen anderer dreiwerthiger Elemente ableiten.

Die wasserfreien Oxyde sind als Anhydride zu behandeln und ihre Structurformel nach der in der Einleitung zur organischen Chemie pag. 403 und 409 entwickelten Principien abzuleiten. Danach erhalten wir für das wasserfreie Wismuthoxyd die Formel $\Theta{=}Bi{-}\Theta{-}Bi{=}\Theta$.

Bei Gelegenheit der Besprechung dreiwerthiger Metalle wollen wir einen Blick auf die Structur des Alauns werfen. Die Formel des gewöhnlichen Alauns, abgesehen von seinem Krystallwasser, ist $AlK(S\Theta_4)_2$; die Structur der Verbindung muss danach folgende sein:

$$K{-}S\Theta_2{-}\Theta{-}Al\overset{\Theta}{\underset{\Theta}{=}}S\Theta_2,$$

worin $S\Theta_2$ das Radical der Schwefelsäure ist.

Nach den Regeln der Bindung der Atome ist es also nicht schwer, die Structur der meisten Metallverbindungen festzustellen. Dabei sehen wir z. B., dass die Basen Hydroxyle mit Metallen, während die Säuren Hydroxyle mit den Radicalen der Säuren verbunden enthalten, und dass wie bei den organischen Säuren die Anzahl der vorhandenen, in einer bestimmten Art gebundenen Hydroxyle der Massstab für die Acidität oder Basicität der Basen oder Säuren ist. Ueber die nähere Structur der Säureradicale ist man in fast allen Fällen noch vollständig auf Hypothesen angewiesen.

Was man überhaupt unter den Radicalen der Säuren oder Basen versteht, ist schon in der Einleitung zur anorganischen Chemie gezeigt worden. Bei den organischen Säuren nannten wir den mit Hydroxyl verbundenen Theil der Säure Radical; ebenso verfahren wir bei den anorganischen Verbindungen, sowohl bei den Säuren als auch bei den Basen. Beispielsweise seien die Radicale einiger Verbindungen angeführt. Die Phosphorsäure, $P\Theta_4H_3$, ist dreibasisch, enthält also drei Hydroxyle, folglich wird $P\Theta$ als das Radical der Phosphorsäure angesehen und die Formel der Säure kann daher geschrieben werden $P\Theta(\Theta H)_3$.

Die Chlorsäure, $Cl\Theta_3H$, ist einbasisch, ihr Radical demnach $Cl\Theta_2$, weshalb ihre Formel $Cl\Theta_2(\Theta H)$ geschrieben werden kann. Die Radicale der Basen sind in der Regel Metalle, z. B. das Kalihydrat, $K\Theta H$, ist eine einsäurige Base, es enthält ein Hydroxyl, folglich ist das Kalium, K, sein Radical.

Folgende Basen sind nach ihrer Acidität geordnet. Zieht man von den Formeln derselben so viel mal ΘH ab, als ihre Acidität grösser ist als die des Kalihydrats, so erhält man die Radicale der Basen.

Namen	Formel	Radical	
Natronhydrat	$Na\Theta H$	Na	einwerthig
Kalkhydrat	$Ca\Theta_2H_2$	Ca	zweiwerthig
Magnesiahydrat	$Mg\Theta_2H_2$	Mg	„
Eisenoxydulhydrat	$Fe\Theta_2H_2$	Fe	„
Manganoxydulhydrat	$Mn\Theta_2H_2$	Mn	„
Kobaltoxydulhydrat	$Co\Theta_2H_2$	Co	„
Bleioxydhydrat	$Pb\Theta_2H_2$	Pb	„
Kupferoxydhydrat	$Cu\Theta_2H_2$	Cu	„
Thonerdehydrat	$Al\Theta_3H_3$	Al	dreiwerthig
Eisenoxydhydrat	$Fe\Theta_3H_3$	Fe	„

Die Radicale dieser Basen sind sämmtlich Metalle. Es giebt jedoch auch Metallsalze, in denen keine Metallradicale enthalten sind. Dahin gehören z. B. die Salze des Urans; das salpetersaure Uranoxyd hat die Aequivalentformel $U_2O_3NO_5$, welche gleich der

atomistischen Formel $\text{Ʉ}N\Theta_4$ ist; in diesem Salze nimmt man das Radical $\text{Ʉ}\Theta$, Uranyl, an, welches dieselbe Rolle spielt wie das Metallradical einer einsäurigen Base. Die Formel des salpetersauren Uranoxyds wird dann analog derjenigen des salpetersauren Kalis; $(\text{Ʉ}\Theta)N\Theta_3$ oder $(\text{Ʉ}\Theta)\Theta N\Theta_2$, salpetersaures Uranoxyd, und $KN\Theta_3$ oder $K\Theta N\Theta_2$, salpetersaures Kali.

In den Antimonoxydsalzen nimmt man das Radical $Sb\Theta$, Antimonyl an und schreibt demgemäss die Formel des Brechweinsteins $(\text{Ȼ}_4H_4\Theta_6)K(Sb\Theta)$, entsprechend dem neutralen weinsauren Kali $(\text{Ȼ}_4H_4\Theta_6)K_2$.

Eine wesentliche Bedingung für die Aufstellung von Structurformeln der Metallverbindungen ist die Kenntniss der Werthigkeit der Metalle. Dieselbe ist nun nicht von allen Metallen mit Sicherheit bekannt. Man bestimmt die Werthigkeit der meisten Metalle aus der Zusammensetzung ihrer Chlorverbindungen oder anderer Verbindungen, deren Formeln sicher bekannt sind. Dass Zink zweiwerthig ist, erfährt man aus der Formel des Zinkäthyls (pag. 535), ebenso wird die Werthigkeit von Zinn, Aluminium und einigen anderen Metallen aus der Zusammensetzung organischer Verbindungen derselben erschlossen. Ist man aber über die Formeln eines Metalls nicht sicher, so kann man auch keinen Schluss auf die Werthigkeit desselben ziehen.

Beim Eisen ist dies der Fall. Die Analogie der Eisen- und Aluminiumverbindungen sind triftige Gründe für die Annahme der Gleichheit der Formeln ihrer entsprechenden Verbindungen; wenn also Chloraluminium die Formel $AlCl_3$ erhält, so müsste Eisenchlorid die Formel $FeCl_3$ erhalten, woraus sich die dreiwerthige Natur des Eisens ergäbe. Die Dampfdichte des Eisenchlorids zeigt uns jedoch, dass das Moleculargewicht des Eisenchlorids gleich 325, demnach seine Formel Fe_2Cl_6 ist, woraus sich Al_2Cl_6 als die Formel des Aluminiumchlorids ableitet.

Diese Formel gestattet nicht die Annahme dreiwerthigen Eisens. Mit der Entscheidung der Frage nach der Werthigkeit des Eisens, für welche man bis jetzt übrigens noch keine Anhaltspunkte hat, ist auch die Werthigkeit des Kobalts, Nickels und mehrerer anderer Metalle bestimmt. Es versteht sich von selbst, dass mit einer Veränderung der Formel des Eisenchlorids auch eine Veränderung der Formeln der übrigen Eisenoxydverbindungen verbunden ist.

Das Aluminiumäthyl (pag. 536) enthält mit einem Atom Aluminium drei einwerthige Alkoholradicale verbunden, denn seine Formel ist $Al(\text{Ȼ}_2H_5)_3$. Aus dieser Verbindung leitet sich die Dreiwerthigkeit des Aluminiums ab. Das dreiwerthige Aluminium liefert nun mit Chlor die Verbindung $AlCl_3$. Wollte man die Analogie des Eisenchlorids und Aluminiumchlorids allein bei der Be-

stimmung der Formel des Eisenchlorids gelten lassen, so müsste dieselbe $FeCl_3$ sein. Die Dampfdichte des Eisenchlorids führt jedoch zur Formel Fe_2Cl_6, also zur verdoppelten Formel. In Fe_2Cl_6 muss Eisen mindestens vierwerthig sein, denn folgende Structurformel ist für Fe_2Cl_6 aufzustellen:

$$\begin{matrix} Cl \diagdown & & \diagup Cl \\ Cl - Fe & - & Fe - Cl \\ Cl \diagup & & \diagdown Cl \end{matrix}$$

worin zwei einwerthige Eisenatome als sechswerthiger Atomencomplex auftreten.

Wir haben noch auf einen Punkt aufmerksam zu machen, um Missverstehen zu vermeiden. Denjenigen Metallen, welche zwei Arten von Sauerstoffverbindungen liefern, hat man zwei verschiedene Werthigkeiten zugeschrieben. Das Chrom bildet ein Chromoxydhydrat, $Cr(OH)_3$, und entsprechende Oxydverbindungen, ferner noch Oxydulverbindungen, z. B. Chromchlorür, $CrCl_2$. Während man das Chrom in den Oxydverbindungen dreiwerthig annimmt, bezeichnet man es in den Oydulverbindungen als zweiwerthig. Die gleiche Hypothese wird bei allen übrigen Metallen gemacht, welche sich ähnlich verhalten.

Nach den oben mitgetheilten Thatsachen ist es also zweifelhaft, welche Werthigkeit man bei einigen Metallen annehmen soll. Wir haben deshalb bei den früheren Betrachtungen über die Werthigkeit der Elemente (pag. 334) diejenigen Elemente unberücksichtigt gelassen, bei denen, wie beim Eisen, die Frage noch unbeantwortet ist. Im Allgemeinen nimmt man die Elemente Eisen, Kobalt, Nickel, Mangan und Uran in den Oxydverbindungen dreiwerthig, in den Oxydulverbindungen zweiwerthig an, welche Annahme also nicht auf so sicherer Grundlage beruht, wie die Annahme von der Werthigkeit der meisten anderen Elemente.

Es mögen hier noch einige Bemerkungen über die Formeln der organischen Verbindungen Platz finden.

Wir haben entweder die empirischen Molecularformeln oder mehr oder weniger aufgelöste Structurformeln gebraucht. Dass die letzteren sehr verschiedenartig angeordnet werden können, liegt auf der Hand und es entscheiden in erster Linie typographische Rücksichten. Allerdings soll eine Formel nicht blos die Structur richtig ausdrücken, sondern sie soll auch möglichst übersichtlich sein. Deshalb sind die verschiedenartigsten Gruppirungen der Zeichen bei denselben Formeln je nach dem Zusammenhange, in dem eine Formel erschien, gebraucht worden; ferner

sind manche Formeln oft ganz oder auch nur zum Theil aufgelöst worden. Es wäre eine müssige Arbeit, die verschiedenartigen Anordnungen aufzuzählen oder auch nur die im Text gebrauchten zu erklären. Deren Erklärung ergiebt sich von selbst.

Die aufgelösten Structurformeln sind die Resultate der detaillirtesten Kenntniss der Verbindungen und deshalb auch die vollkommensten Formeln, insofern eine Formel die chemischen Eigenschaften einer Verbindung so präcis und vollständig als möglich ausdrücken soll. Formeln, welche nicht die sämmtlichen chemischen Eigenschaften hervortreten zu lassen bestimmt sind, haben bei der speciellen Beschreibung der Verbindungen Anwendung gefunden, wenn es sich darum handelte, nur gewissen Beziehungen der betreffenden Körper Ausdruck zu verleihen. Wir wollen hier noch von einigen anderen Arten, die chemischen Formeln zu schreiben, sprechen.

Vor allem wollen wir einen flüchtigen Blick auf die heutzutage nur noch wenig angewandten Aequivalentformeln der organischen Verbindungen werfen. Es ist schon des Weiteren erörtert worden, dass sich aus diesen Formeln keinerlei Schlüsse auf die Structur der Verbindungen ziehen lassen, und es kann sich daher hier nur darum handeln, einen Vergleich mit den atomistischen Formeln anzustellen.

Als man begann die organischen Verbindungen genauer zu studiren, war man bezüglich der anorganischen Verbindungen schon zu ganz abgerundeten Theorien gekommen. Nichts war natürlicher, als dass man die Beobachtungen an anorganischen Verbindungen benutzte, um sich von der Natur der organischen Verbindungen eine Rechenschaft zu geben. Man übertrug die bei den anorganischen Verbindungen erhaltenen Vorstellungen und Begriffe auf die organischen. Sehr deutlich zeigt sich das Streben, die organischen Verbindungen in ähnliche Systeme zu bringen wie die anorganischen, in einer in vielen Lehrbüchern enthaltenen Zusammenstellung, die wir hier reproduciren wollen. Es handelt sich um einen Vergleich der Aethyl- und der Kaliumverbindungen.

K (Kalium)	C_4H_5 (Aethyl);
KO (Kali)	C_4H_5O (Aethyloxyd, Aether);
KOHO (Kalihydrat)	C_4H_5OHO (Aethyloxydhydrat, Alkohol);
KCl (Chlorkalium)	C_4H_5Cl (Chloräthyl);
KCy (Cyankalium)	C_4H_5Cy (Cyanäthyl);
KS (Schwefelkalium)	C_4H_5S (Schwefeläthyl);
$KONO_5$ (Salpetersaures Kali)	$C_4H_5ONO_5$ (Salpetersaures Aethyloxyd oder Salpeteräther);
$KOSO_3$ (Schwefelsaures Kali)	$C_4H_5OSO_3$ (Schwefelsäureäther).

Durch diese Zusammenstellung der anorganischen und organischen Verbindungen, wobei man sah, wie bei den letzteren zusammengesetzte Stoffe genau dieselbe Rolle spielen können, wie die Metalle in den anorganischen Verbindungen, bildete sich die Theorie der zusammengesetzten Radicale aus. Es gab eine Zeit, wo man die organische Chemie als die Chemie der Verbindungen zusammengesetzter Radicale definirte.

Die Typentheorie entsprang aus der Theorie der zusammengesetzten Radicale oder der Radicaltheorie. Dieselbe verglich im Wesentlichen lediglich die Zusammensetzung der organischen Verbindungen mit einigen einfachen anorganischen Verbindungen. Diese einfachen anorganischen Verbindungen waren Chlorwasserstoff, Wasser und Ammoniak. Dies waren die drei Typen. Es gelang eine grosse Anzahl organischer Verbindungen in eine der drei durch die Typen bezeichneten Klassen von Verbindungen einzureihen. Für viele Substanzen musste man jedoch zu sogenannten gemischten Typen greifen.

Die Chlorwasserstoffsäure war der Typus für alle organischen Wasserstoff- und Halogenverbindungen. Nach dem Typus $\left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}$ schrieb man die Formeln folgender Verbindungen:

$\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}$;	$\left.\begin{matrix}C_4H_5\\Cl\end{matrix}\right\}$;	$\left.\begin{matrix}C_4H_5\\J\end{matrix}\right\}$;	$\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\end{matrix}\right\}$;	$\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\Cl\end{matrix}\right\}$
Aethylwasserstoff	Chloräthyl	Jodäthyl	Aldehyd	Chloracetyl.

Die organischen Verbindungen wurden also von der Salzsäure abgeleitet, indem man eine Vertretung von Wasserstoff oder Chlor der letzteren durch zusammengesetzte Radicale annahm.

Vom Typus $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2$ (Wasser) leitete man die Formeln aller Säuren, Aether, Anhydride und Salze ab.

$\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\H\end{matrix}\right\}O_2$;	$\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\Na\end{matrix}\right\}O_2$;	$\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2$;
Essigsäure	Essigsaures Natron	Essigsaures Aethyloxyd (Essigäther)
$\left.\begin{matrix}C_4H_3O_2\\C_4H_3O_2\end{matrix}\right\}O_2$;	$\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2$;	$\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_2H_3\end{matrix}\right\}O_2$
Essigsäureanhydrid	Aethyläther	Aethylmethyläther.

Der Typus $\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N$ war für die basischen Stickstoffverbindungen

vorhanden. Wir haben uns bei der Besprechung der Constitution der organischen Basen der Ableitung von Ammoniaktypus bedient, weil die so erhaltenen Formeln dieser Verbindungen für unseren Zweck übersichtlich waren.

Für die Verbindungen mehrwerthiger zusammengesetzter Radicale hat man multiple Typen angenommen, wie solche für die Diamine bezüglich des Ammoniaktypus schon besprochen wurden. Vom multiplen Salzsäuretypus, $\left.\begin{matrix}H_2\\Cl_2\end{matrix}\right\}$, leitete man z. B. das Aethylenchlorid ab $\left.\begin{matrix}C_4H_4\\Cl_2\end{matrix}\right\}$; vom multiplen Wassertypus $\left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_4$ leitete man die zweibasischen Säuren ab, z. B. die Oxalsäure, $\left.\begin{matrix}C_4O_4\\H_4\end{matrix}\right\}O_4$.

Mit der Aufnahme der atomistischen Formeln der organischen Verbindungen bekamen die alten typischen Formeln dadurch ein etwas anderes Aussehen, das man sich statt der gewöhnlichen Buchstabensymbole durchstrichener Buchstaben bediente. Diese so umgeänderten Formeln bedeuteten natürlich nichts anderes als die alten typischen Formeln, ebenso wenig wie die typischen Formeln, so weit sie überhaupt richtig sind, eine andere Ansicht von der Constitution der organischen Verbindungen einschliessen, als die heutigen.

Wir beschränken uns hier um so mehr auf eine so kurze Andeutung dieser einst bedeutungsvollen und lange Zeit die theoretischen Ansichten in der organischen Chemie beherrschenden Theorie, als dieselbe heute ein vollständig überwundener Standpunkt ist, und wir uns nicht mehr damit begnügen, die Analogie im Bau mehrerer Verbindungen durch die Formeln derselben zu veranschaulichen, sondern die innerste Structur der Verbindungen zu erkennen vermögen.

Die typischen Formeln werden nichtsdestoweniger von denen gerne gebraucht, welche sich nur schwer vom Alten lossagen und welche damit einen ebenso grossen Fehler begehen, wie diejenigen, welche die Consequenzen der modernen Structurlehre zu weit ausdehnen, indem sie vermeinen, man sei jetzt schon im Stande, sich eine Vorstellung über die wirkliche Gruppirung jener kleinen Massentheilchen, Atome genannt, zu machen. Solchen zu weit getriebenen Schlussfolgerungen hat man in der Regel die Aufstellung sogenannter graphischer Formeln zuzuschreiben. Die graphischen Formeln werden vielfach falsch verstanden und sind ebenso häufig die Fol-

gen falschen Verständnisses. Sie sind deshalb in diesem Lehrbuche ganz und gar vermieden.*)

*) Die graphischen Formeln haben den Zweck, die chemische Structur recht anschaulich zu machen. Sie werden geschrieben, indem man sich statt der chemischen Zeichen anderer Figuren bedient, welchen man schon durch ihre Gestalt ein Gepräge der chemischen Natur der betreffenden Elemente giebt. So bezeichnet man einwerthige Elemente mit einem kleinen Kreise, zweiwerthige mit einer Ellipse, dreiwerthige mit einer länger gestreckten Ellipse u. s. w. Indem man solche Figuren neben einander zeichnet nach Massgabe der durch die chemischen Reactionen hervorgetretenen Structur, erhält man die graphischen Formeln.

DRITTE ABTHEILUNG.

Physik.

Einleitung.

Allgemeines über die Materie.

Nachdem wir in den beiden vorherigen Abtheilungen das Wesen chemischer Erscheinungen kennen gelernt haben, können wir jetzt zur Einleitung in die Beschreibung der wichtigeren physikalischen Processe auf eine genaue Definition dessen, was man unter physikalischen Kräften versteht, verzichten und uns damit begnügen zu sagen, dass alle mit der Materie zusammenhängenden Erscheinungen, soweit sie nicht chemisch sind, physikalisch genannt werden.

Wir haben es also auch in der Physik mit Eigenschaften der Materie zu thun, von denen uns folgende als die wesentlichen, d. h. als zum Wesen des Materiellen gehörig, erscheinen.

Raumerfüllung. Die Materie hat Ausdehnung nach drei Richtungen, sie erfüllt den Raum so, dass derselbe Raum nicht gleichzeitig zur Aufnahme von etwas anderem dienen kann. Die Raumerfüllung durch die Materie ist uns etwas selbstverständliches, zum Wesen der Materie unbedingt gehöriges. Die Materie besitzt also Ausdehnung und ist undurchdringlich.

Die Materie kann in verschiedenen sogenannten Aggregatzuständen existiren, welche sich im Wesentlichen dadurch von einander unterscheiden, dass die Materie Einflüssen, welche ihre Form zu verändern bestrebt sind, einen mehr oder weniger grossen Widerstand entgegensetzt. Man unterscheidet in diesem Sinne zwischen festem oder starrem, tropfbar flüssigem und elastisch flüssigem Zustand.

Alle Körper zeigen Schwere, d. h. sie üben in Folge der von der Erde auf sie wirkenden Anziehung einen Druck auf ihre Unterlage aus.

Die Körper besitzen alle eine mehr oder weniger grosse Elasticität; hieraus ergiebt sich die Porosität der Körper, d. h. ihre Eigenschaft den Raum nicht stetig, sondern mit Zwischenräumen zu erfüllen.

Erster Theil.

A. Statik und Dynamik.

Allgemeines.

Ueber Bewegung im Allgemeinen.

Behalten zwei materielle Theilchen oder zwei Massen ihre relative Lage zu einander unverändert bei, so befinden sie sich gegenseitig in Ruhe; sie bilden ein festes System. Verändern sie jedoch ihre Stellung zu einander, so bewegt sich das eine materielle Theilchen oder die eine Masse, während man für die andere die bleibende Ruhe annehmen kann. Wir haben somit den Begriff der Bewegung als eine Relation zweier (oder mehrerer) Massen zu einander erkannt. Es ist klar, dass diese Relation sowohl qualitativ als quantitativ sehr verschiedenartig sein kann, dass es demnach sehr verschiedenartige Bewegungsarten geben kann.

Wenn eine Masse A zu einer Masse B in einer bestimmten Relation steht und das ganze System AB zu einer dritten Masse C ebenso wieder eine bestimmte Beziehung zeigt, so wird sowohl die Masse A als auch die Masse B zur Masse C in einem Verhältniss stehen, welches abhängig ist vom Verhältniss AB zu C. Es kann nun leicht der Fall eintreten, dass A und B in gegenseitiger Bewegung sich befinden, ebenso AB und C. und dass dennoch A oder B gegenüber C in Ruhe ist. Umgekehrt kann aber auch A sowohl wie B sich gegen C in Bewegung befinden, welche Bewegung durch einen verhältnissmässig complicirten Ausdruck bezeichnet würde.

Beispiele dieser Art von sich bewegenden Systemen sind unendlich häufig. Wir haben in der Erde mit dem Monde ein System AB, dessen Glieder unter einander in Bewegung sind. Dieses System

bewegt sich um die Sonne und es resultirt dadurch eine complicirtere Bewegung der einzelnen Glieder des Systems AB. In der That beschreibt der Mond bei seinem Umlauf um die Erde und mit dieser um die Sonne eine sehr complicirte Bahn. Bedenken wir, dass alle Bewegungen, welche auf der Erde vor sich gehen, mit Beziehung auf den absoluten Raum, d. h. auf den feststehenden Mittelpunkt des ganzen Weltsystems, unendlich complicirte sein müssen und dass es in diesem Sinne auf der Erde keine ruhende Masse giebt, so sehen wir ein, dass wir, um eine Bewegung zu charakterisiren, auf die Relation zweier Massen zurückgehen müssen. Unsere vulgären Begriffe von Bewegung und Ruhe beziehen sich alle auf das Verhältniss der betreffenden Massen zur Erde, welche wir hierbei als feststehend betrachten. Einen auf der Erde ruhenden Körper betrachten wir als vollständig ruhend, weil wir seine wirkliche Bewegung im Weltraume nicht unmittelbar beobachten können. Wir wollen uns bei den nachfolgenden Auseinandersetzungen der gewöhnlichen Redeweise anschliessen und einen Körper, der seine Stellung gegen die Erde nicht verändert, als in Ruhe befindlich bezeichnen.

Die Bewegung einer Masse wird bestimmt und gemessen durch ihre Richtung und durch ihre Schnelligkeit. Um eine Masse aus ihrer Ruhe zu bringen und sie in Bewegung zu versetzen ist eine gewisse Kraft nothwendig, deren Grösse unabhängig von der Richtung der Bewegung, aber abhängig von der Grösse der Masse und der Geschwindigkeit der Bewegung ist. Jedes Agens, welches die Bewegung einer Masse hervorbringen oder eine einmal begonnene Bewegung abändern kann, nennen wir Kraft.

Eine einmal begonnene Bewegung wird bis ins Unendliche in gleicher Weise fortgesetzt, wenn keine äussere Kraft dieselbe beeinflusst. Dieses Gesetz ist das Gesetz der Trägheit.

Dasselbe lautet kurz gefasst folgendermaassen: Die Materie verharrt in der einmal angenommenen Bewegung.

Da Ruhe eine Bewegung ist, deren Intensität gleich null, so ist unter diesen Satz auch das Verharren der Materie in der Ruhe zu begreifen.

Eine Bewegung einleitende Kraft ist die Anziehungskraft der Körper, die wir bei groben Beobachtungen nur von der Erde ausgehen sehen. In der That ziehen sich alle Körper gegenseitig an und ein von der Höhe herabfallender Stein wird sich nicht allein der Erde nähern, sondern auch die Erde wird von ihm angezogen und nähert sich dem Punkt, wo sich der Stein ursprünglich befand. Nur ist letztere Annäherung so verschwindend klein, dass sie nicht beobachtet wird.

Die durch die Anziehung der Erde bewirkte Kraft ist jedoch wegen ihrer Continuirlichkeit von etwas complicirter Wirkung, in-

sofern eine durch sie bewirkte Bewegung eine beschleunigte sein muss.

Ein Stoss oder ein Zug von bestimmter Stärke veranlasst irgend eine Masse zu einer Bewegung von gewisser Intensität. Diese Bewegung muss nach dem Gesetz der Trägheit constant bleiben, darf sich nicht verändern. Wirkt nun auf die in solcher Bewegung befindliche Masse eine Kraft von gleicher Stärke noch einmal ein, so wird selbstverständlich die Bewegungsintensität gesteigert, und zwar hängt diese Steigerung ab erstens von der schon vorhandenen Bewegungsintensität und zweitens von der Stärke des neuen Stosses.

Ehe wir uns jedoch mit diesen complicirteren Bewegungsarten bekannt machen, wollen wir die einfacheren Arten betrachten.

Es ist gesagt worden, dass eine Bewegung bestimmt und charakterisirt wird durch ihre Richtung und ihre Schnelligkeit. Eine geradlinig fortschreitende Bewegung ist die einfachste von allen Bewegungen. Es bedarf zu ihrer Bezeichnung nur der Angabe des in der Zeiteinheit, d. i. in einer Sekunde, zurückgelegten Weges. Eine krummlinig fortschreitende Bewegung bedarf noch weiter die genaue Beschreibung ihre Bahn. Sehr wichtig ist im Gegensatz zu den fortschreitenden Bewegungsarten die rotirende, wobei sich die bewegte Masse um gegebene, als Centrum dienende Punkte bewegt.

Verschiedene Bewegungsarten.

G l e i c h f ö r m i g e B e w e g u n g. Die gleichförmige geradlinige Bewegung bietet die einfachsten Verhältnisse. Die zurückgelegte Wegstrecke, die Geschwindigkeit und die aufgewandte Zeit stehen in dem Verhältniss, welches die nachfolgende Gleichung bezeichnet, wo s den Weg, c die Geschwindigkeit und t die Zeit in Sekunden bedeutet:

$$\text{I.} \qquad s = ct$$

Diese Gleichung drückt aus, dass der Weg gleichmässig wächst mit der Geschwindigkeit und mit der Zeit.

U n g l e i c h f ö r m i g e B e w e g u n g. Die ungleichförmige Bewegung setzt sich aus mehreren Factoren zusammen. Nehmen wir zunächst den einfachsten Fall der ungleichförmigen Bewegung, nämlich die gleichförmig beschleunigte Bewegung, so gelangen wir bei deren Betrachtung zu dem Resultate: Bei einer gleichförmig beschleunigten Bewegung verändert sich die Bewegung in jeder Zeiteinheit gleichmässig.

F a l l g e s e t z e. Der Fall der Körper zur Erde ist eine gleichförmig beschleunigte Bewegung, wenn es sich nicht um sehr grosse

Dimensionen handelt. Wir wollen daher den freien Fall etwas näher ins Auge fassen.

Die Veränderung der Bewegung beim Fall äussert sich in einer Vergrösserung der Geschwindigkeit, die proportional der Zeit ist. Ist also die Geschwindigkeit eines Körpers zu Anfang o, nach Ende der ersten Secunde 1 g, so wird sie nach Ablauf der zweiten Secunde 2 g sein und nach t Secunden g t. Der durchlaufene Raum ist bei der gleichförmigen Bewegung ausgedrückt durch Gleichung I, wo c die betreffende Geschwindigkeit bezeichnet, für den Fall, dass dieselbe constant bleibt. Bei der gleichförmig beschleunigten Bewegung wächst übrigens c nach Maassgabe der oben angestellten Betrachtung continuirlich, und es ist daher diejenige Bewegung, welche bei der Berechnung des nach t Secunden durchfallenen Raumes in Frage kommt, das arithmetische Mittel zwischen der Anfangsgeschwindigkeit o und der Endgeschwindigkeit g t, also gleich $\frac{gt}{2}$. Der durchfallene Raum wird ebenso gross sein, wenn die Bewegung eine gleichförmig beschleunigte Bewegung mit dem Zuwachs g für eine Secunde war, oder wenn eine gleichförmige Bewegung mit der Geschwindigkeit $\frac{gt}{2}$ stattgefunden hat. Der durchfallene Raum s wird gefunden, wenn der Werth $\frac{gt}{2}$ als Geschwindigkeit an Stelle von c in Gleichung I eingesetzt wird, woraus sich ergiebt:

$$\text{II} \qquad s = \frac{gt}{2}\, t \text{ oder } s = \frac{gt^2}{2}$$

Diese Gleichung besagt, dass sich die Fallräume verhalten wie die Quadrate der Zeiten.

Eine Umwandlung der Gleichung II ergiebt

$$\text{III} \qquad t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

Bezeichnen wir ferner die Endgeschwindigkeit nach t Secunden g t mit dem Buchstaben v, also

$$\text{IV} \qquad v = gt$$

so erhalten wir aus II und IV

$$\text{V} \qquad v = \sqrt{2gs}$$

Aus IV ergiebt sich $\frac{v}{g} = t$ und $\frac{v^2}{g^2} = t^2$; setzt man diesen Werth für t^2 in II ein, so erhält man $s = \frac{g}{2}\,\frac{v^2}{g^2}$ oder $s = \frac{v^2}{2v}$, oder $2gs = v^2$, woraus $v = \sqrt{2gs}$ wird.

Nach Gleichung V **verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus den Fallhöhen.**

Diese Gleichungen lassen sich experimentell beweisen. Nach dem Satz: „Die Fallräume verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten“ muss der Raum, den ein fallender Körper in zwei Secunden zurücklegt, viermal so gross sein als der in einer Secunde zurückgelegte; der Raum, der in drei Secunden zurückgelegt wird, muss neunmal so gross sein u. s. w. Mit Hülfe der **Atwood'schen Fallmaschine**, die in Fig. 25 abgebildet ist, kann die Richtigkeit dieses Satzes constatirt werden.

Fig. 25.



Die Einrichtung des Apparates ist aus der Gleichung ersichtlich; derselbe ist ein 7—8 Fuss hohes hölzernes Gestell, auf dem sich eine mit einer Schnur umwundene, leicht drehbare Rolle befindet. An den Enden dieser Schnur sind gleichgrosse Gewichte, m und n, angehängt. Durch Ueberlastung des Gewichtes n mit einem kleinen Gewichte p kann eine fallende Bewegung desselben hervorgebracht werden. Der völlig freie Fall eines Körpers geschieht mit einer solchen Geschwindigkeit, dass eine Beobachtung der Fallzeiten und des entsprechenden Fallraums äusserst schwierig wäre; man verlangsamt daher in dem abgebildeten Apparate die Fallgeschwindigkeit des Gewichtes n dadurch, dass man die Grösse des Zulagegewichtes p im Verhältniss zu den Gewichten m und n sehr klein sein lässt. In Folge später zu erörternder Gesetze wird die Fallgeschwindigkeit um so kleiner sein, je kleiner das Uebergewicht p ist. Haben m und n

zusammen das Gewicht von 200 Grm. und beträgt p 20 Grm., so wird die Fallgeschwindigkeit in der ersten Secunde 20 mal kleiner sein als beim freien Fall. Selbstverständlich kann man das Verhältniss p : m + n beliebig wählen, demgemäss auch die Fallgeschwindigkeit und den Fallraum der ersten Secunde ganz beliebig stellen. Mit diesem Apparate lassen sich die obigen Sätze über die gleichförmig beschleunigte Bewegung experimentell beweisen. Um die Fallzeiten genau abmessen zu können, ist an dem Apparate ein mit einem Schlagwerk versehener Pendel angebracht, der in dem Moment zu schwingen beginnt, in welchem das Gewicht n + p zu fallen anfängt.

Hat man das Uebergewicht p so gewählt, dass in Folge der daraus resultirenden Fallgeschwindigkeit der Fallraum der ersten Secunde 1 Decimeter beträgt, so wird der Fallraum nach der zweiten Secunde 4 Decimeter, der nach der dritten Secunde 9 Decimeter betragen. Bringt man den undurchbrochenen Schieber an den Theilstrichen 4, 9, 16, 25 etc. an, so wird man bemerken, dass das fallende Gewicht n + p nach 2, 3, 4 oder 5 Secunden auf demselben aufschlägt, wenn die Zeit vom Beginn des Fallens an gerechnet wird. Hierdurch ist der Satz erwiesen: Die Fallräume verhalten sich wie die Quadrate der Fallzeiten.

Giebt man dem Uebergewicht p eine solche Form, das dasselbe beim Durchgang des Gewichtes n + p durch den durchbrochenen Schieber von dem letzteren aufgehalten wird, so wird man Folgendes beobachten. Der durchbrochene Schieber sei auf den Theilstrich 16 eingestellt, der undurchbrochene auf Theilstrich 32; beginnt nun der Fall von n + p, so wird der undurchbrochene Schieber nach 4 Secunden erreicht sein; n + p hat alsdann nach Gleichung IV die Geschwindigkeit von 4 Decimetern, da 1 Decimeter die Geschwindigkeit der ersten Secunde war. Beim Durchgang durch den durchbrochenen Schieber bleibt p liegen und n wird jetzt mit der ihm nun innewohnenden Geschwindigkeit 4 Decimeter weit fallen, d. h. nach weiteren 4 Secunden wird n am Theilstrich 32 angelangt sein und demnach in 4 Secunden 16 Decimeter, also in jeder Secunde 4 Decimeter, durchlaufen haben. Daraus geht hervor, dass n + p nach 4 Secunden Fallens in beschleunigter Bewegung die Geschwindigkeit von 4 Decimetern in der Secunde erlangt hat, mit welcher Geschwindigkeit n nach der Entlastung von p in gleichförmiger Bewegung weiter fällt.

Hierdurch wird bewiesen: dass die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers der Fallzeit proportional ist, da n nach 4 Secunden die vierfache Fallgeschwindigkeit wie in den ersten Secunden besitzt.

Diese beschleunigte Bewegung wird durch eine constant wirkende Kraft hervorgebracht.

Wirkt dagegen eine Kraft auf einen in Bewegung befindlichen Körper im entgegengesetzten Sinne ein, so wird dessen Bewegung eine gleichförmig verzögerte werden.

Ein in die Höhe geworfener Körper hat eine gleichförmig verzögerte Bewegung, indem die Anziehung der Erde die anfänglich zu seiner Bewegung aufgewendete Kraft in jeder Secunde um gleichviel vermindert.

Allgemeines über Kräfte.

Aus diesen Erscheinungen ersehen wir die Wirkungen bewegender Kräfte. Wir haben nun schon erfahren, dass eine Bewegung auch durch ihre Richtung bestimmt wird. Befindet sich ein Körper in Ruhe, so wird die Richtung einer Bewegung zusammenfallen mit der Richtung der dieselbe hervorrufenden Kraft. Sind wir darüber klar, so können wir folgende Sätze als richtig annehmen:

Eine Kraft ist bestimmt durch die Art und Weise der Bewegung, welche sie hervorbringt.

Wirken zwei Kräfte auf einen Körper ein, so wird die dadurch entstehende Bewegung desselben als die Resultante der beiden Kräfte anzusehen sein.

Sind die beiden Kräfte gleich gross und ihre Richtung parallel, so wird die Bewegung derart sein, als wirke nur eine Kraft von doppelter Stärke als jede einzelne.

Sind die Kräfte aber in ihrer Richtung entgegengesetzt, so wird die Bewegung derart sein, als wirke eine einzige Kraft, welche gleich ist der Differenz der beiden wirkenden Kräfte. Bei Gleichheit der Kräfte wird die Bewegung gleich null sein. Die Erfahrung lehrt uns, dass ein Körper in Ruhe bleibt, wenn zwei Kräfte von gleicher Stärke nach entgegengesetzten Richtungen auf ihn einwirken.

Parallelogramm der Kräfte. Machen die Kräfte dagegen in ihrer Richtung einen Winkel, so wird die Bewegung eine Richtung haben, welche zusammenfällt mit der Diagonale eines Parallelogramms, das sich aus den die Richtung und Grösse der Kräfte darstellenden Linien construiren lässt. Wirkt auf einen Körper, der sich in einem Punkte a befindet, eine Kraft, so kann ihre Richtung und Grösse durch eine Linie von gewisser Länge ausgedrückt werden, die vom Punkte a ausgeht; eine zweite Kraft kann ebenfalls vom Punkte a ausgehen und in Richtung und Grösse durch eine Linie ausgedrückt werden. Construirt

man über diesen beiden von a ausgehenden Linien ein Parallelogramm, so wird die Diagonale desselben, welche gleichfalls von a ausgeht, die thatsächlich zur Wirkung kommende Kraft sowohl nach Richtung als auch nach Grösse darstellen.

Die diagonale Kraft wird die Resultirende oder Resultante und die beiden anderen Kräfte werden die Seitenkräfte oder Componenten genannt.

Aus diesem Satze von dem Parallelogramm der Kräfte oder Bewegungen folgt, dass man jede Kraft in mehrere Seitenkräfte zerlegen kann, was in vielen Aufgaben nothwendig ist.

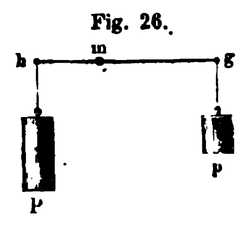
Aus allen diesen Sätzen folgt, dass eine Kraft mehreren anderen das Gleichgewicht halten, d. h. dass eine Kraft die Wirkung mehrerer anderen aufheben kann.

Angriffspunkt der Kraft. Bei den bis jetzt angestellten Betrachtungen über Bewegung und Kräfte ist stillschweigend vorausgesetzt, dass alle auf eine Masse wirkenden Kräfte in einem Punkte angreifen. Ist dies jedoch nicht der Fall, so treten andere Erscheinungen ein, von denen nun die Rede sein soll.

Vor allem müssen wir jedoch berücksichtigen, dass der Angriffspunkt einer Kraft in der Richtung derselben verlegt werden kann, ohne dass die Wirkung der Kraft alterirt wird.

Wirken z. B. auf eine Stange zwei gleich grosse Kräfte in denselben Richtungen an zwei verschiedenen Punkten, so wird die Bewegung der Stange gerade so sein, als ob an einem in der Mitte zwischen beiden Angriffspunkten liegenden Punkte eine Kraft wirkte, welche gleich der Summe der beiden ersten Kräfte wäre. Man ist leicht im Stande nachzuweisen, dass dem in der That so ist. Belastet man eine Stange an zwei Stellen mit zwei gleichgrossen Gewichten, so muss man, wenn man das Fallen der Stange verhüten will, an einer in der Mitte zwischen jenen beiden Gewichten gelegenen Stelle ein Gegengewicht anbringen, welches gleich ist der Summe der beiden angehängten Gewichte (selbstverständlich ist hier abgesehen von dem Gewichte, welches die Stange an sich schon hat). Der Punkt, an welchem diese Resultirende der beiden Kräfte wirkt, liegt also in diesem einfachen Falle in der Mitte. Seine Lage wird jedoch sehr wesentlich anders sein, wenn die beiden wirkenden Kräfte nicht gleich gross sind; er nähert sich in diesem letzteren Falle dem Angriffspunkt der grösseren Kraft.

Fig. 26.



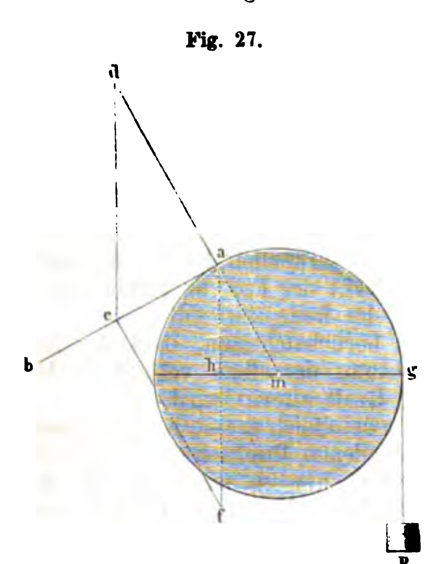
Die Erfahrung hat nun gelehrt, dass die Lage dieses Punktes, also des Angriffspunktes der Resultirenden zweier Kräfte, nach folgender Gleichung gefunden werden kann: $hm.P = mg.p$ (Fig. 26).

hmg sei eine Stange, bei h wirke die Kraft

P, bei g die Kraft p; m ist alsdann der Angriffspunkt der Resultirenden. Diese Resultirende ist gleich P + p, und die bei m anzubringende nach oben gerichtete Kraft muss also gleich P + p sein.

Mit Hülfe des Satzes vom Parallelogramm der Kräfte lässt sich diese Gleichung beweisen.

Fig. 27.



An einer bei m befestigten Rolle (Fig. 27) wirken zwei gleiche Kräfte in den Punkten a und g. Die Kraft bei a wirke in der Richtung a b, die Kraft p bei g senkrecht nach unten. Beide Kräfte halten sich das Gleichgewicht.

Die Kraft bei a, welche durch a c dargestellt sein mag, kann in zwei Seitenkräfte, a d und a f, zerlegt werden, von denen a d als in der Richtung des Radius der Rolle wirkend ausser Acht gelassen werden muss, da die Rolle im Mittelpunkt m befestigt ist und folglich eine Bewegung im Sinne von m d nicht möglich ist. Es kommt also nur die Kraft a f in Frage, welche durch die Linie a f nach Richtung und Grösse dargestellt wird. Der Angriffspunkt der Kraft a f kann nun in jedem Punkte der Linie a f, also auch in h liegen.

Hiernach ist die bei a angreifende Kraft a c ersetzt durch eine bei h angreifende Kraft hf, deren Relation zu a c aus dem geometrischen Verhältniss der Linien a f und a c hervorgeht. Für unseren Fall handelt es sich nun weiter darum, das Verhältniss m h zu m g ausfindig zu machen. Aus der Aehnlichkeit der Dreiecke c a f und a h m ergiebt sich ac : af = hm : am; weiter ist ac : af = p : P, also p : P = hm : am oder p : P = hm : mg; oder P. hm = p. mg.

as : af = p : P ist der Ausdruck des Satzes vom Parallelogramm der Kräfte, wobei P die an Stelle von p getretene Seitenkraft af vorstellt; am und m g sind als Halbmesser desselben Kreises gleich gross.

Die Gleichung p : P = hm : mg sagt: **Die Kräfte p und P verhalten sich umgekehrt wie die Entfernungen ihrer Angriffspunkte vom Angriffspunkt ihrer Resultante.**

Eine andere Form des Ausdrucks ist:

VI. $P . hm = p . mg$.

Hebel. Eine Vorrichtung, in welcher die vorstehenden Bedingungen erfüllt sind, wird sich in Ruhe oder im Gleichgewicht befinden. Ist hg (Fig. 27) ein um m drehbarer Stab, so wird eine Drehung um diesen Punkt sofort erfolgen, wenn eine Störung des Gleichgewichtes, das durch obige Gleichung bedingt ist, stattfindet. Eine solche Vorrichtung wird ein Hebel genannt. hm und mg sind die Hebelarme. Die Gleichung VI sagt uns also: Die Producte der Kräfte in die zugehörigen Hebelarme müssen gleich sein, wenn Gleichgewicht stattfinden soll.

Fig. 28 zeigt uns eine im Gleichgewicht befindliche Hebelvorrichtung. Die Kräfte sind hier durch Gewichte dargestellt, welche sich wie 6 : 10 verhalten. Die Hebelarme verhalten sich wie 3 : 5. Diese Werthe in die Gleichung VI eingesetzt giebt: $3 . 10 = 5 . 6$.

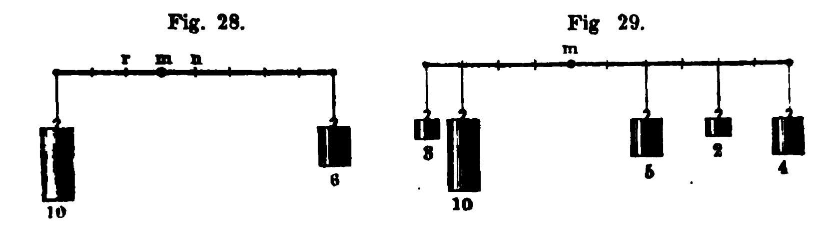


Fig. 28. Fig 29.

Fig. 29 stellt gleichfalls einen Hebel im Gleichgewicht dar. Bei dieser Hebelvorrichtung sind jedoch die auf einer Seite wirkenden, durch Gewicht dargestellten Kräfte auf mehrere Stellen vertheilt. Die Wirkung der rechts liegenden addirt sich ebenso wie diejenige der links liegenden und zwar sind:

$$\underbrace{3.10 + 4.3}_{42} = \underbrace{2.5 + 4.2 + 6.4}_{42}.$$

Schwerpunkt.

Der Angriffspunkt der Schwerkraft, d. h. der Anziehungskraft der Erde, wird der Schwerpunkt genannt. Die Wirkung der Schwerkraft ist die Wirkung der Resultante sämmtlicher auf die materiellen Theilchen eines Körpers ausgeübten Anziehungskräfte. Nach den obigen Betrachtungen ist es verständlich, dass ein Körper nicht dem Zuge der Schwerkraft folgt, wenn in seinem Schwerpunkt eine der Schwerkraft entgegengesetzt wirkende Kraft an-

greift, wenn also ein Körper in seinem Schwerpunkt unterstützt ist.

Der Schwerpunkt einer Kugel von homogener Substanz liegt in dem Mittelpunkt der Kugel; der Schwerpunkt einer Scheibe von überall gleicher Dicke und in der Masse homogen liegt ebenfalls in dem Mittelpunkt.

Es ist möglich, dass der Schwerpunkt eines Körpers ausserhalb seiner Masse liegt. Jeder Ring bietet hierfür ein Beispiel. Der Schwerpunkt eines gleichförmigen Ringes oder Reifes liegt nämlich in dem Mittelpunkte des Kreises, dessen Peripherie der betreffende Ring oder Reif darstellt.

Um den Schwerpunkt einer Masse zu finden, hat man dieselbe nur nacheinander an zwei verschiedenen Punkten seiner Masse aufzuhängen. Die von den Aufhängungspunkten ausgehenden Verticalen werden beide durch den Schwerpunkt gehen; ihr Schnittpunkt wird also der Schwerpunkt der Masse sein.

Ein Körper befindet sich im Zustand des indifferenten Gleichgewichtes, wenn er in seinem Schwerpunkte unterstützt ist; sein Gleichgewicht ist stabil, wenn der Unterstützungspunkt senkrecht über dem Schwerpunkt, und labil, wenn er senkrecht unter dem Schwerpunkt liegt. Hiernach wird etwa ein cylindrischer Körper, der an einem unter seinem Schwerpunkt befindlichen Punkte unterstützt ist, zwar nicht zu Boden fallen, aber bei dem leisesten Anstoss aus seiner ursprünglichen Lage sich entfernen.

Steht ein Körper mit einer mehr oder weniger breiten Basis auf dem Boden auf, so muss die vom Schwerpunkt ausgehende Verticale die Basis treffen, wenn der Körper stehen soll. Ein cylindrischer Körper, Fig. 30, wird fest stehen, wenn er die durch die Schattirung angedeutete Länge hat, denn dann liegt sein Schwerpunkt so, dass die von ihm ausgehende Verticale die Basis trifft; hat

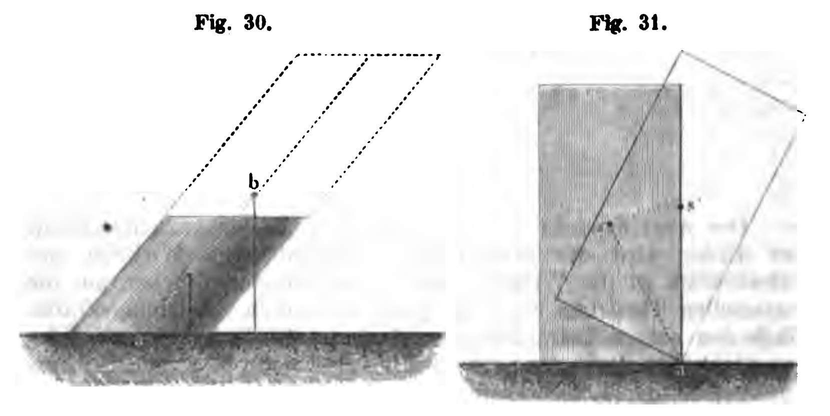


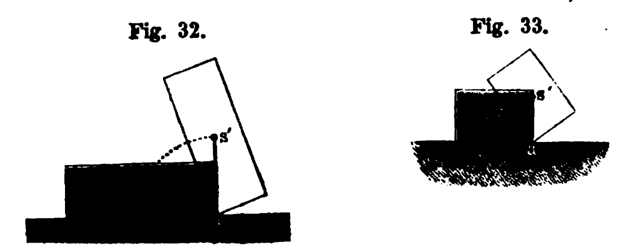
Fig. 30. Fig. 31.

er jedoch die ganze in der Zeichnung angedeutete Länge und liegt sein Schwerpunkt in b, so muss er umfallen.

Soll ein auf einer Basis ruhender Körper, z. B. der Cylinder in Fig. 31, umgeworfen werden, so muss er durch irgend welche Kraft so gedreht werden, dass sein Schwerpunkt nicht mehr senkrecht über der Umdrehungskante a liegt. Die Stellung in der Figur, wobei s' senkrecht über a liegt, ist der Moment des labilsten Gleichgewichts; ein kleiner Druck genügt, den Körper umzustürzen.

Die zum Umwerfen eines auf einer Basis ruhenden Körpers aufzuwendende Kraft muss um so grösser sein, je breiter die Ba-

Fig. 32. Fig. 33.



sis, da, wie aus den beiden Fig. 32 und 33 ersichtlich, der Schwerpunkt um so höher gehoben werden muss, je breiter die Basis ist.

Die Wage.

Eine Wage ist eine Hebelvorrichtung, welche den Zweck hat, Gewichte mit einander vergleichen zu lassen. Sie besteht in der Regel aus einem sogen. Wagbalken, der in der Mitte Zapfen hat, die in Zapfenlagern ruhen; an beiden Enden des Wagbalkens sind die gleich schweren Wagschalen angehängt. Liegt der Schwerpunkt des ganzen Systems bei normaler Stellung des Wagbalkens unter dem Drehpunkte und sind gleichzeitig beide Arme des Wagbalkens gleich lang, so ist die Wage im Wesentlichen tauglich. Der Wagbalken einer solchen Wage wird sich ohne weitere Belastung in horizontaler Lage befinden. Fig. 34 stellt eine Wage einfachster Construction dar. Der Drehpunkt dieser Wage liegt in s. Wäre der Schwerpunkt des Wagbalkens ebenfalls in s, so würde sich die Wage im Zustande des indifferenten Gleichgewichts befinden, jeder leiseste Druck würde sie aus ihrer normalen horizontalen Stellung in die in der Figur dargestellte schiefe Stellung bringen, aus der sie freiwillig nicht wieder in die horizontale Stellung zurückgehen würde. Liegt jedoch der Schwerpunkt senkrecht unter s, so wird der Wagbalken hori-

Fig. 34.



zontal stehen und nur durch eine Belastung auf der einen oder anderen Seite aus dieser horizontalen Stellung gebracht werden können, beim Aufhören dieser Belastung jedoch sofort wieder in die horizontale Stellung zurückkehren.

Aus Fig. 35 wird dieses Verhältniss klar werden; a b stelle den Wagbalken dar, dessen Schwerpunkt in s liegt.

Werden die beiden Gewichte P in die beiden Wagschalen gelegt, so wird der gemeinschaftliche Schwerpunkt des Wagbalkens und der belastenden Gewichte P auf der Linie c s liegen, da der gemeinschaftliche Schwerpunkt der beiden P in c selbst liegt. Die Wage muss sich demnach noch im Gleichgewichte befinden; wird nun bei b ein Uebergewicht r angehängt, so rückt der Schwerpunkt der Lasten P und P + r auf der Linie a b gegen b, etwa nach d; der gemeinschaftliche Schwerpunkt des ganzen Systems liegt als-

Fig. 35.



dann auf der Linie ds etwa in m. Der Wagbalken wird sich in Folge dessen drehen, bis sich m unter c befindet. Der Ausschlagswinkel ist scm. Derselbe wird durch die sogen. Zunge der Wage, die auf Fig. 34 zu sehen ist, noch angezeigt, wenn er auch sehr klein ist.

Eine empfindliche Wage soll bei kleiner Ueberlastung einen grossen Ausschlag geben.

Die Bedingungen, die erfüllt werden müssen, um eine grosse Empfindlichkeit der Wage zu erreichen, sind folgende:

Der Schwerpunkt des Wagbalkens muss nahe unter dem Drehpunkte liegen.

Der Wagbalken muss leicht sein.

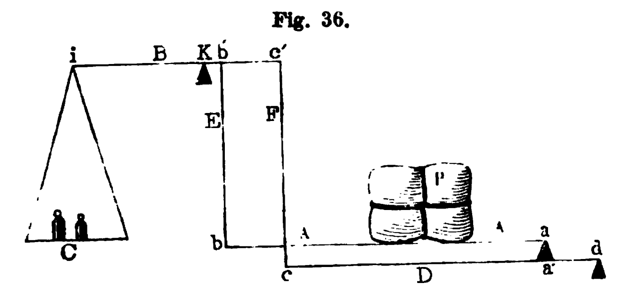
Der Wagbalken muss lang sein im Verhältniss zu seinem Gewicht.

Ausser dieser Art von Wagen sind noch eine Reihe anderer Arten von Wagen im Gebrauch, deren Einrichtung lediglich auf denselben Principien beruht.

Selbstverständlich muss nicht unbedingt eine Wage so eingerichtet sein, dass beide Wagschalen oder Gewichtträger gleich weit vom Drehpunkt aufgehängt sind, sondern es können diese Entfernungen in jedem beliebigen Verhältniss zu einander stehen. Eine Art von Wagen, die Brückenwage, hat eine Construction, bei welcher von diesem Umstand Gebrauch gemacht wird.

Die Brückenwage ist in Fig. 36 im Aufriss dargestellt.

Fig. 36.



K ist der Drehpunkt, bei i hängt die Wagschale C und ab ist ein Brett, die Brücke, zur Aufnahme der Last.

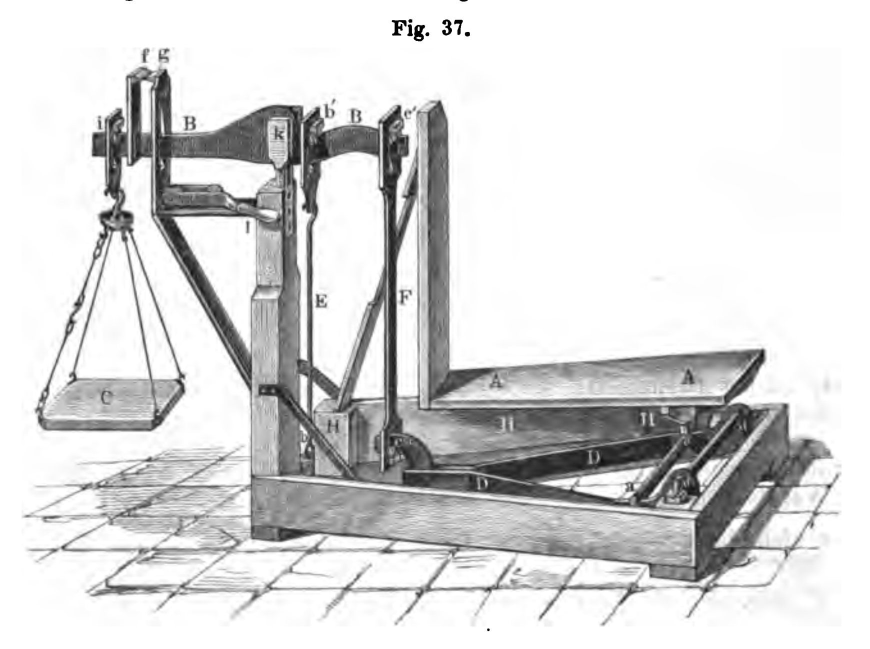
Von der auf ab befindlichen Last A wirkt ein Theil x auf die Schneide a bei a', ein anderer Theil y bei b resp. b' auf den Wagebalken ic'; x + y sind gleich A; die bei a' drückende Last x zieht bei c resp. c' mit einer Kraft $\frac{x}{n}$, wenn $a'd = \frac{cd}{n}$ ist. Bei b' zieht also die Kraft y, bei c' die Kraft $\frac{x}{n}$, welche zusammen

die Last A repräsentiren. Der Gesammtzug des rechten Theils des Wagbalkens cc′ ist also gleich $Kb'.y + \frac{Kc'.x}{n}$. Ist nun $Kb' = \frac{Kc'}{n}$, so wird die auf den rechten Wagebalken wirkende Last $Kb'.y + Kb'.x$ oder $Kb'(x + y)$ oder $Kb'.A$ sein; es wird also hierdurch derselbe Effect hervorgebracht, als ob bei b′ die ganze Last A hinge. Die Bedingung für diesen Fall ist $a'd = \frac{cd}{n}$ und $Kb' = \frac{Kc'}{n}$ oder $Kb' : Kc' = a'd : cd$; dieses Verhältniss muss bei einer guten Brückenwage vorhanden sein. Bei den gewöhnlichen Brückenwagen ist $Kb' = \frac{Ki}{10}$, weshalb das Gleichgewicht eintritt, wenn die bei C befindlichen Gewichte gleich $\frac{A}{10}$ sind, denn dann ist $Kb'.A$ das Gewicht des rechten Wagbalkens und $Kb'.10.\frac{A}{10}$ dasjenige des linken Wagbalkens.

Wegen dieses Verhältnisses $Kb' : Ki = 1 : 10$ werden diese Wagen Decimalwagen genannt.

Fig. 37 stellt eine Brückenwage zum Theil im Durchschnitt

Fig. 37.



dar. In dieser Zeichnung ist jedoch die Brücke AA etwas mehr gehoben gezeichnet, als es der Wirklichkeit entspricht, um die Einrichtung des im Rahmen N befindlichen Theiles sehen zu lassen. Ohne Belastung liegt AA auf dem Rahmen N auf, auch wird die Vorrichtung l gehoben, um die Schneiden bei k, b′ und c′ zu schonen. Die Buchstaben sind in dieser Figur dieselben wie in Figur 36.

Schwere.

Die gegenseitige Anziehung aller Körper nennt man Gravitation.

Die Anziehung der Massen durch die Erde bewirkt eine gleichförmig beschleunigte Bewegung oder veranlasst eine gleichförmige Verzögerung schon vorhandener Bewegungen.

Die Schwerkraft ist die regelmässig thätige Kraft. Man kann sie messen durch die Beschleunigung, welche sie einer gleichförmigen Bewegung ertheilt.

Ein freifallender Körper nähert sich in der ersten Secunde der Erdoberfläche um 9,8 Meter. Dieser Werth wird in der Regel von den Physikern mit dem Buchstaben g bezeichnet. Er bedeutet die durch die Schwerkraft bewirkte Beschleunigung einer Bewegung und wird deshalb Erdacceleration genannt.

Durch die Schwerkraft gelangen wir zum Begriff und zu einem Maass für die Masse, da durch die Schwere alle Körper gleichmässig beschleunigt werden und nach dem Gesetz der Trägheit gleiche Massen gleichgrosser Kräfte bedürfen, um in gleichen Zeiten gleichgrosse Geschwindigkeiten anzunehmen. Gleiche Gewichte enthalten demnach auch gleiche Quantitäten materieller Theile.

Die Bestimmung des relativen Gewichts ist danach ein Mittel, die Relation der Massengrössen kennen zu lernen. Durch Abwägen erlangt man die Kenntniss solcher Relationen.

Die Gewichtseinheit ist die Einheit der Masse. Krafteinheit wird diejenige Kraft genannt, welche der Masseneinheit in der Zeiteinheit (in einer Secunde) die Beschleunigung Eins (1 Meter) ertheilt.

Die Kraft ist das Product der Masse in die Beschleunigung; wir drücken dies durch die folgende Gleichung aus:

VII $$K = M \cdot c.$$

Um die Kraft eines fallenden Körpers zu bestimmen, wird der durch Gewichte ausgedrückte Druck p mit der Erdacceleration g zu multipliciren sein, um p auf Krafteinheiten zu reduciren. Setzen wir also $K = pg$, wo K die Kraft, welche der Masse m und der Geschwindigkeit c entspricht, und p die durch Gewichte ausgedrückte Kraft des fallenden Körpers darstellt, so ist:

$$\text{VIII} \qquad pg = Mc$$

oder

$$\text{IX} \qquad c = g\frac{p}{M}$$

Die Beschleunigung einer Masse m, welche dieselbe erfährt, wenn sie durch einen Druck p zur Erde gezogen wird, ist also gleich dem Producte von g in $\frac{p}{M}$, dem Quotienten aus dem Gewicht des Körpers und der durch Abwägen bestimmten Masse desselben.

Beim freien Fall ist $p = M$ also $c = g$. Der pag. 585 besprochene Versuch mit der Atwood'schen Fallmaschine zeigt uns eine praktische Anwendung dieser Gleichung.

p ist dort das Uebergewicht, M dagegen die Summe aller Gewichte, d. h. die ganze in Bewegung zu setzende Masse $m+n+p$. Es ist also die Beschleunigung c bei diesem Versuche

$$c = g\frac{p}{m+n+p};$$

ist also $m+n+p$ zehnmal so gross als p, so ist $c = \frac{g}{10}$. g ist 9,8 Meter, c in diesem Falle also 0,98 Meter. Es ist hieraus zu ersehen, dass man c so klein machen kann wie man will, da man es vollständig in der Gewalt hat, das Verhältniss $p : m+n+p$ zu reguliren.

Maass der Kräfte.

Eine Kraft ist nur dann in Thätigkeit, wenn sie ihren Angriffspunkt in ihrer Richtung verrückt. Eine Kraft darf also nicht verwechselt werden mit ihrer Wirkung, denn eine ruhende Kraft äussert keine Wirkung. Diese Verrückung steht in einem bestimmten Verhältniss zur Grösse der Kraft. Einen Ausdruck erhält man für die Grösse einer Kraft, wenn man in den pag. 583 für das Verhältniss des Weges zur Geschwindigkeit bei einer gleichförmig beschleunigten Bewegung gefundenen Ausdruck für g den Werth c der Gleichung IX einsetzt.*)

Setzen wir also für g der Gleichung V $g\frac{p}{M}$, so erhalten wir

*) In den Betrachtungen pag. 583 ist g die wirkliche Beschleunigung der Schwerkraft; hier müssen wir es als beschleunigende Kraft gelten lassen, deren Relation zur Masse und zur bewegenden Kraft aus Gleichung IX ersichtlich wird. Das dortige g ist also hier c.

X $$v = \sqrt{2g\frac{p}{M}s}$$

oder

XI $$v^2 = \frac{2g}{M} p . s$$

Sowohl p, d. h. die bewegende Kraft, als auch s, der durchlaufene Weg, ist Maass für die Wirkung einer Kraft; ist einer von beiden gleich null, so ist die Geschwindigkeit auch gleich null. g und M kommen selbstverständlich hierbei insofern nicht in Betracht, als g eine constante Grösse ist und M als die Masse selbst nicht null sein kann, wenn die ganze Gleichung nicht Unsinn werden soll.

p . s ist also das Maass der Wirksamkeit einer Kraft, d. h. das Product der Kraft selbst in den zurückgelegten Weg. Dieses Product wird Arbeitsgrösse, mechanisches Moment, Bewegungsmoment der Kraft genannt.

In diesem Sinne pflegt man von Krafteinheit zu sprechen und bezeichnet als solche entweder das Fusspfund oder das Meterkilogramm. Ein Fusspfund ist die Leistung einer Kraft, welche ein Pfund einen Fuss hoch heben kann; ein Meterkilogramm ist die Leistung einer Kraft, welche ein Kilogramm einen Meter hoch heben kann.

Eine Arbeit von 20 Meter Kilogramm entspricht der Fortbewegung einer Last

von	1	Kilogramm	um 20	Meter,
oder von	2	„	„ 10	„
„ „	4	„	„ 5	„
„ „	10	„	„ 2	„
„ „	20	„	„ 1	„

in derselben Zeit.

Ein Gewicht von 5 Kilogrammen, welches 10 Meter hoch fällt, erzeugt eine Arbeit von 50 Meterkilogrammen.

B. Vergleichende Zusammenstellung der Maasse und Gewichte.

Zur Vergleichung von Längen-, Flächen- und Rauminhalten misst man mit Längen-, Flächen- und Raumeinheiten. Das französische Maasssystem ist Decimalsystem. Das Meter ist der zehnmillionste Theil des Erdquadranten. Die Unterabtheilungen des Meters sind sein zehnter, hundertster und tausendster Theil. Die

Multipla sind zehn, hundert und tausend Meter. Die Benennung ist eine höchst einfache. Bei den Unterabtheilungen des Meters werden die Namen der Längen durch Vorsetzen der lateinischen Bezeichnung der betreffenden Zahl vor das Wort Meter gebildet, während man bei den Multiplis griechische Zahlennamen gebraucht. So sind

1000^{mm} (Millimeter) = 100^{cm} (Centimeter) = 10^{dc} (Decimeter) = 1 Meter und

10 Meter = 1 Decameter,
100 „ = 1 Hectometer,
1000 „ = 1 Kilometer.

Die Flächenmaasse sind folgende:

1 Quadrat-Meter = 100 Q.-Decimeter = 10,000 Q.-Centimeter = 1,000,000 Q.-Millimeter.

Die Körper- oder Raummaasse sind:

1 Cubik-Meter = 1000 C.-Decimeter = 1,000,000 C.-Centimeter = 1,000,000,000 C.-Millimeter.

1000 C.-Centimeter (oder CC.) = 1 Liter,
1000 Liter = 1 Cubik-Meter,
10 „ = 1 Decaliter,
100 „ = 1 Hectoliter,
1000 „ = 1 Kiloliter.

Die neuere Gesetzgebung hat dieses französische Maasssystem auch in den verschiedenen deutschen Staaten eingeführt und folgende Bezeichnungen gewählt:

1 Meter = 1 Stab
1 Centimeter = 1 Neuzoll
1 Decameter = 1 Kette
1 Kilometer = 1 Wegmaass
500 Gramme = 1 Zollpfund
10 Gramme = 1 Neuloth.

Wir wollen jedoch, weil viele ältere Angaben mit Rücksicht auf andere Maasssysteme gemacht sind, die älteren Systeme, soweit sie wichtig sind, gleichfalls kennen lernen. Die Länge des Meters steht zu den verschiedenen Fussen in folgendem Verhältniss:

1 Meter = 3,078,444 Pariser Fuss;
„ = 3,186,199 Preussische oder Rheinländer Fuss;
„ = 3,280,899 Englische Fuss;
„ = 3,163,446 Wiener Fuss;
„ = 3,126,310 Bairische Fuss;
„ = 3,333,333 Badische Fuss.

Der Fuss zerfällt in 12 Zoll, der Zoll in 12 Linien.

Das ausführlichere Verhältniss des Meters und seiner Theile zum Pariser Fuss und dessen Theilen ist folgendes:

1 Meter	=	443,296	Pariser Linien
1 Centimeter	=	4,43296	„ „
1 Millimeter	=	0,443296	„ „

1 Pariser Fuss	=	0,32484	Meter
1 „ Zoll	=	27,070	Millimeter
1 „ Linie	=	2,2558	„

In dem französischen Maass- und Gewichtssystem leitet sich die Gewichtseinheit, das Gramm, in sehr einfacher Weise von der Maasseinheit ab. Das Gewicht von 1 CC. destillirten Wassers bei 4° C. = 1 Gramm. Ein Zehntel, Hundertstel, Tausendstel eines Grammes heisst ein Decigramm, Centigramm und Milligramm, während die Multipla Dekagramm, Hektogramm und Kilogramm genannt werden; demnach sind

10	Milligramm	=	1 Centigramm,
100	„	=	1 Decigramm,
1000	„	=	1 Gramm,
10,000	„	=	1 Dekagramm,
100,000	„	=	1 Hektogramm,
1,000,000	„	=	1 Kilogramm.

Zu den verschiedenen Pfunden steht das Kilogramm in folgenden Verhältnissen:

1 Kilogramm	=	2,204597	Pfund	englisch Avoirdupoids,
„	=	1,785714	„	bairisch,
„	=	1,785675	„	östreichisch,
„	=	2,441883	„	russisch,
„	=	2,351063	„	schwedisch (Schalgewicht),
„	=	2,002768	„	dänisch u. norwegisch,
„	=	2,000000	Zollpfund.	

1 Zollpfund wird eingetheilt in 30 Loth, 1 Loth in 10 Quent, 1 Quent in 10 Cent, 1 Cent in 10 Korn.

Das Medicinalgewicht ist meistens sehr verschieden von dem Handelsgewicht; so haben die Medicinalpfunde folgende Gewichte:

Französisches (3/4 des Handelspfundes)	=	357,854	Grammes.
Englisches Troypfund	=	373,244	„
Preussisches M.-Pfund	=	350,783	„
Bairisches „	=	360,000	„
Badisches „	=	357,780	„
Hessisches „	=	357,854	„
Würtembergisches „	=	357,647	„

Die Unterabtheilungen der alten Handelspfunde waren Loth und Quentchen. Ein Pfund gleich 32 Loth, ein Loth gleich 4 Quentchen.

Das Medicinalpfund zerfiel in folgende Unterabtheilungen:
1 Medicinalpfund = 12 Unzen
1 Unze = 8 Drachmen (= 2 Loth)
1 Drachme = 3 Scrupel
1 Scrupel = 20 Gran

1 Gramm beträgt 15,360 Gran französisch,
„ „ 15,431 „ englisch,
„ „ 16,422 „ preussisch,
„ „ 16,099 „ badisch,
„ „ 16,096 „ hessisch,
„ „ 16,105 „ würtembergisch.

Zur Vergleichung der Flüssigkeitsmaasse in den verschiedenen Ländern sei noch folgende Zusammenstellung hier beigefügt:
1 Liter = 0,22010 englische Gallone,
„ = 0,87334 preussische Quart,
„ = 0,93543 bairisch Maass,
„ = 0,66667 badisch und schweizer Maass.

Den Kreisumfang theilt man in 360 Theile, deren einer Grad genannt wird; ein Grad = 60′ (Minuten), 1 Minute = 60″ (Sekunden).

Der Tag wird in 24 Stunden, die Stunde in 60 Minuten und die Minute in 60 Sekunden eingetheilt.

C. Hydrostatik.

Tropfbare Flüssigkeiten haben die Eigenschaft Räume nach zwei Richtungen, nach unten und nach der Seite, genau auszufüllen. Ihre Oberfläche wird in der Regel eine Ebene darstellen; Ausnahmen hiervon sind zwar bekannt, aber durch besondere Ursachen veranlasst.

Diese Eigenschaft der tropfbaren Flüssigkeiten zeigt uns, dass ihre materiellen Theilchen eine viel freiere Beweglichkeit untereinander besitzen, als diejenigen fester Körper. Nothwendige Consequenz dieser Eigenschaft ist, dass tropfbare Flüssigkeiten einen auf ihre Oberfläche ausgeübten Druck durch die ganze Masse nach allen Richtungen in gleicher Weise fortpflanzen. Durch einen einfachen Versuch lässt sich die Richtigkeit dieses Satzes beweisen. Füllt man eine U-förmige Röhre zur Hälfte mit Wasser und drückt alsdann das Wasser in dem einen Schenkel nach unten, so wird der hier vertical nach

abwärts gerichtete Druck in dem anderen Schenkel das Wasser vertical aufwärts steigen machen. Das Gleiche wird eintreten, wenn die beiden Schenkel einer U-förmigen Röhre nicht gleich weit sind, wenn z. B. der eine Schenkel einen zehnmal grössern Querschnitt hat als der andere; drückt man auf das Wasser im engeren Schenkel mit einem Gewicht von 1 Pfund, so wird das Wasser den Druck bis zum anderen Schenkel fortpflanzen und zwar wird jedes Oberflächenstück des Wassers in diesem Schenkel, welches so gross ist, wie die Wasseroberfläche im engeren Schenkel, einen Druck von 1 Pfund empfangen; der Gesammtdruck auf diese Oberfläche wird also 10 Pfund sein. Will man ein Steigen der Flüssigkeit im weiteren Schenkel verhüten, so muss man ein Gewicht von 10 Pfund auflegen.

Dieses Resultat ist merkwürdig, insofern es scheint, als werde die ein Pfund Gewicht repräsentirende Kraft bei der Uebertragung durch die tropfbare Flüssigkeit verzehnfacht. In der That wird übrigens hier nicht Kraft erzeugt. Nach unseren Betrachtungen pag. 597 wird eine Kraft durch ihre Wirkung gemessen; die Wirkung einer Kraft setzt sich aber zusammen aus dem bewegten Gewicht und dem zurückgelegten Weg. In diesem Sinne ist die geäusserte Kraft in beiden Schenkeln gleich gross. Bei der genaueren Betrachtung des Falles wird man leicht einsehen, dass der Wasserspiegel im engeren Schenkel zehnmal tiefer sinken muss als er im weiten Schenkel steigen kann. Drückt daher 1 Pfund 10 Zoll tief, so ist die geleistete Arbeit ebenso gross, als ob im weiteren Schenkel 10 Pfund 1 Zoll hoch gehoben würden.

In der hydraulischen Presse macht man eine praktische Anwendung dieser Eigenschaft der tropfbaren Flüssigkeiten.

Communicirende Röhren. Eine Eigenschaft tropfbarer Flüssigkeiten, die nach dem soeben Besprochenen nicht weiter erklärt zu werden braucht, zeigt sich in den communicirenden Gefässen. Eine tropfbare Flüssigkeit wird ein Gefäss jeder beliebigen Form derart erfüllen, dass ihre Oberfläche eine Ebene bildet. Selbstverständlich muss in den Schenkeln einer U-förmigen Röhre von ungleicher Schenkelweite eine tropfbare Flüssigkeit gleich hoch stehen. Es ergiebt sich das aus der Thatsache der gleichmässigen Fortpflanzung des Drucks durch eine tropfbare Flüssigkeit nach allen Richtungen.

Leicht ist es daraus zu beweisen, dass die freie Oberfläche einer tropfbaren Flüssigkeit immer eine horizontale Ebene sein muss.

Bodendruck tropfbarer Flüssigkeiten. Der Druck, den der Boden eines Gefässes auszuhalten hat, welches mit einer tropfbaren Flüssigkeit angefüllt ist,

ist gleich dem Gewicht einer Flüssigkeitssäule, deren Querschnitt gleich ist dem Boden des Gefässes, und deren Höhe, gleich ist der Entfernung des Bodens des Gefässes vom Flüssigkeitsspiegel.

Die Figuren 38 bis 41 stellen verschiedene Gefässe dar, in denen der Bodendruck gleich ist dem Gewicht einer Flüssigkeits-

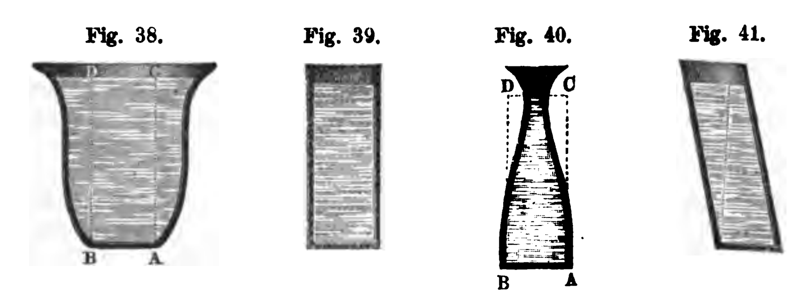


Fig. 38. Fig. 39. Fig. 40. Fig. 41.

säule ABCD. Es ist nicht schwer, obigen Satz aus den besprochenen Eigenschaften der tropfbaren Flüssigkeiten abzuleiten. Eine praktische Anwendung hat diese Eigenschaft in der Real'schen oder hydrostatischen Presse gefunden.

Archimedisches Princip. Ein in eine Flüssigkeit getauchter Körper verliert so viel an Gewicht, als die durch ihn verdrängte Wassermasse wiegt.

Jede Schicht einer tropfbaren Flüssigkeit hat von allen Seiten. also auch von unten, einen gleich starken Druck auszuhalten, der sich übrigens vollständig ausgleicht und deshalb ohne Wirkung ist. Die Grösse des von unten nach oben wirkenden Drucks ist gleich dem Druck, den eine Flüssigkeitssäule ausübt, deren Querschnitt gleich ist dem horizontalen Querschnitt der betreffenden Flüssigkeitsschicht und deren Höhe gleich ist der Entfernung jener Flüssigkeitsschicht von der Oberfläche der ganzen Flüssigkeit. Ein in eine Flüssigkeit eingetauchter fester Körper erleidet nun an seiner unteren Fläche einen Druck von gleicher Stärke, d. h. einen Druck, der gleich ist dem Gewicht einer Flüssigkeitssäule von gleichem horizontalen Querschnitt und von einer Höhe gleich der Entfernung der unteren Fläche von der Oberfläche der Flüssigkeit. Dieser Druck wird Auftrieb genannt; er treibt den festen Körper nach oben, wirkt also der Schwere, die nach unten zieht, entgegen; die Differenz beider durch Gewichte ausdrückbaren Drucke ist der wirklich zur Geltung kommende Druck. Bei einem nicht cylindrisch geformten festen Körper ist die Erklärung, wenn auch etwas umständlich, doch die gleiche; man hat sich nämlich nur den betreffenden Körper in

lauter kleine, senkrecht stehende Cylinder zerlegt zu denken, und deren Einzelwirkung zu summiren. Taucht ein Körper ganz in eine Flüssigkeit so ein, dass sich über demselben noch Flüssigkeit befindet, so wirkt natürlich das Gewicht der über dem Körper befindlichen Wassersäule dem aufwärts gerichteten Druck entgegen, ist also von dem Gewicht der oben definirten Flüssigkeitssäule abzuziehen; es bleibt dann nur das Gewicht einer Flüssigkeitsmasse von dem Raume des eingetauchten Körpers, d. h. das Gewicht der verdrängten Flüssigkeitsmasse. Dieses Gewicht treibt den Körper nach oben und ist von seinem absoluten Gewicht abzuziehen, wenn man das Gewicht, welches ein Körper in einer Flüssigkeit noch ausübt, erhalten will.

Gleichgewicht schwimmender Körper. Nach den soeben angestellten Betrachtungen wird ein Körper dann in einer Flüssigkeit schwimmen, wenn sein Gewicht ebenso gross, wie dasjenige der durch ihn verdrängten Flüssigkeitsmenge ist; denn in diesem Fall wird das Gewicht, welches den Körper in der Flüssigkeit noch zu Boden treibt, gleich null sein, da der Rest des absoluten Gewichtes minus dem Auftrieb in diesem Falle gleich null ist. Ist das absolute Gewicht grösser als der Auftrieb, so wird der Körper zu Boden sinken; für den Fall jedoch, wo das absolute Gewicht kleiner ist als der Auftrieb, wird der Körper nicht vollständig in die Flüssigkeit eintauchen, und zwar wird ein um so grösserer Theil des Körpers sich über der Flüssigkeitsoberfläche befinden, je grösser der Ueberschuss des Auftriebs über das absolute Gewicht des Körpers ist. Wirft man einen Körper ins Wasser, dessen absolutes Gewicht kleiner ist als das Gewicht der durch ihn verdrängten Wassermasse, so wird derselbe nach einiger Zeit derart auf dem Wasser schwimmen, dass ein Theil über der Wasseroberfläche sich befindet. Die Stellung des Körpers wird jedoch nicht allein durch den genannten Umstand bestimmt, sondern hängt noch von der Lage seines Schwerpunktes ab. Auf diesen schwimmenden Körper wirken zwei Kräfte in entgegengesetzter Richtung, nämlich die Schwerkraft, nach unten ziehend und im Schwerpunkt angreifend, und der Auftrieb, nach oben treibend und im Schwerpunkt des unter Wasser befindlichen Theiles des Körpers unter der Voraussetzung, dass dieser Theil eine völlig homogene Masse wäre, angreifend. Die Lage dieser beiden Punkte ist in einem stabil schwimmenden Körper bestimmt. Stabil schwimmend wird ein Körper sein, wenn sein Schwerpunkt vertical unter dem Angriffspunkt des Auftriebs liegt, dagegen kann der Schwerpunkt auch über dem Angriffspunkt des Auftriebs liegen, ohne dass die Stabilität des Schwimmens aufgehoben ist.

Figur 42 und 43 stellen einen stabil schwimmenden Körper in zwei verschiedenen Lagen dar; s sei der Schwerpunkt desselben,

m der Angriffspunkt des Auftriebs. Fig. 42 zeigt den schwimmenden Körper in der Gleichgewichtslage; m liegt vertical unter s. Wird derselbe durch einen Stoss in die schiefe Lage, Fig. 43, gebracht, so wird der Angriffspunkt des Auftriebs verrückt. Die Richtung des Auftriebs schneidet die durch den Schwerpunkt s gehende Mittellinie ab des Körpers in q. Dieser Punkt q wird

Fig. 42.

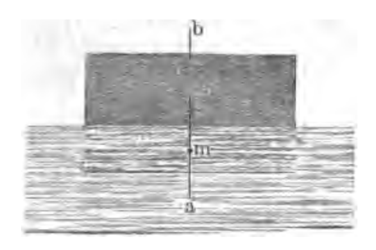
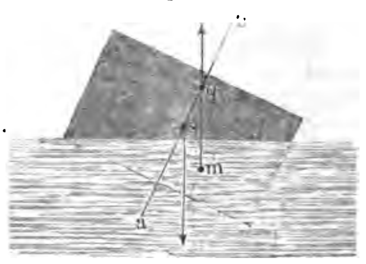


Fig. 43.



das Metacentrum genannt. Liegt das Metacentrum wie hier über dem Schwerpunkt, so wird die durch die in s angreifende Schwerkraft bewirkte Drehung um einen über dem Schwerpunkt liegenden Drehungspunkt erfolgen, da das Metacentrum dieser Drehungspunkt ist. In einem solchen Falle befinden sich die Körper im stabilen Gleichgewicht.

Ein schwimmender Körper befindet sich also im stabilen Gleichgewicht, wenn das Metacentrum über dem Schwerpunkt liegt, was, wie hier, auch der Fall sein kann, wenn der Angriffspunkt des Auftriebs m unter dem Schwerpunkt des schwimmenden Körpers sich befindet.

D. Aërostatik.

Die den Erdball umgebende Luft wird Atmosphäre genannt. Die atmosphärische Luft ist ein Gemenge zweier Gasarten, nämlich von Stickstoff und Sauerstoff (siehe pag. 54). Sie ist bezüglich vieler ihrer physikalischen Eigenschaften das Prototyp der Gasarten. Die Luft wie alle Gasarten sind elastische Flüssigkeiten. Die Gase sind die leichtesten Körper und zeigen die grösste Beweglichkeit ihrer Theile untereinander.

Die Gase sind bestrebt jeden Raum, der sich ihnen bietet, gleichmässig zu erfüllen.

Sie üben vermöge dieser Eigenschaft stets einen Druck auf die Wand der Gefässe aus, in denen sie sich befinden. Ihr Ausdehnungsbestreben nennt man Expansion.

Während eine Flüssigkeit stets eine ebene Oberfläche hat, kann ein Gas keine freie Oberfläche haben, da es sich stets auszudehnen bestrebt ist. Bringt man ein Liter Gas in einen leeren Raum, der 10 Liter fasst, so wird sich das Gas in diesem Raum ganz gleichmässig vertheilen, aber auch dann noch einen Druck auf die Wände ausüben, welche den Raum begrenzen.

Dass dem wirklich so ist, kann man durch folgenden Versuch beweisen: In ein Gefäss, welches mit Luft gefüllt ist, legt man eine Blase, die so viel Luft enthält, dass ihre Wände noch faltig zusammenliegen. Die im Inneren der Blase befindliche Luft drückt auf die Blasenwand, aber dieser Druck wird vollständig wirkungslos gemacht durch den von aussen auf die Blase wirkenden Luftdruck, der gleich gross ist. Hebt man den äusseren Druck dadurch auf, dass man das Gefäss luftleer macht, so kommt der innere Druck auf die Blasenwand zur Wirkung, in Folge dessen dieselbe straff gespannt werden wird. Aus diesem Versuche ist einerseits die Expansion der Luft ersichtlich, andererseits aber auch die Existenz eines Drucks, der durch das Gewicht der Atmosphäre ausgeübt wird.

Atmosphärischer Druck; Luftdruck. Die Luft, welche den Erdball umgiebt, übt auf die Oberfläche einen Druck aus, der auf jedem Quadratcentimeter einem Gewicht von 1 Kilogramm und 33,296 Grammen gleichkommt. Alle Körper auf der Erdoberfläche befinden sich unter diesem Druck, auch dann, wenn man in unmittelbarer Nähe über ihnen ein Dach anbringt; obgleich also in einem solchen Fall die unmittelbar über dem Körper befindliche Luftsäule nur klein ist, so ist doch der Druck auf denselben der obigen Angabe entsprechend.

Will man übrigens den Luftdruck messen und seine Grösse bezeichnen, so wählt man eine andere Form des Ausdrucks. Eine Quecksilbersäule von einem Quadratcentimeter Querschnitt und 760^{mm} Höhe hat ein Gewicht von 1033,296 Grm.; der Druck der Atmosphäre hält mithin einer Quecksilbersäule von 760^{mm} das Gleichgewicht.

Barometer. Ein Barometer ist ein Instrument, welches den Zweck hat die Grösse des Luftdrucks zu messen.

Da diese Grösse nicht immer die gleiche, sondern sowohl nach den Breitegraden als auch nach der Höhe eines Ortes verschieden, und ferner selbst an einem und demselben Orte verschieden grossen Schwankungen unterworfen ist, so ist es von grossem Werth ein Mittel zu haben, um die Grösse derselben auf einfache Weise bestimmen zu können.

Bringt man in eine U-förmige Röhre eine Flüssigkeit, so wird dieselbe in beiden Schenkeln gleich hoch stehen. Auf beiden Flüssigkeitsoberflächen lastet derselbe atmosphärische Druck; nimmt man nun den Druck von der einen Oberfläche weg, so wird die Flüssigkeit in diesem Schenkel so hoch steigen, bis das Gewicht der dadurch entstandenen Flüssigkeitssäule der in dem anderen Schenkel drückenden Atmosphäre das Gleichgewicht hält, weil dann auf die beiden gleich hoch stehenden Flüssigkeitsschichten — in einem Schenkel die Oberfläche, im anderen ein Flüssigkeitssäulenelement — gleiche Drucke lasten, nämlich auf die Oberfläche in einem Schenkel der Atmosphärendruck und auf das Säulenelement im anderen das Gewicht der Flüssigkeitssäule, welche sich über dieses Säulenelement erhebt. Praktisch lässt sich auf diese Weise die Erscheinung nicht machen; füllt man aber eine etwa einen Meter lange, nicht zu weite, an einem Ende zugeschmolzene Glasröhre mit Quecksilber an, verschliesst die andere Oeffnung, stülpt sie alsdann um und lässt ihre Oeffnung in Quecksilber tauchen, so wird man bemerken, dass, sobald der Verschluss ihrer untern Oeffnung entfernt wird, das Quecksilber in der Röhre bis zu einem gewissen Punkte sinken wird; über dem Quecksilber in der Röhre befindet sich ein luftleerer Raum, auf der Quecksilberoberfläche in der Röhre wird kein atmosphärischer Druck lasten. Wirkt kein anderer Druck als das Gewicht des Quecksilbers, so müsste die Quecksilbersäule in der Röhre soweit sinken, bis sie mit dem im äusseren Gefäss befindlichen Quecksilber gleich hoch steht. Die in dem Apparat ausserhalb und innerhalb der Röhre gleich hohen Quecksilberschichten müssen sich unter gleichem Druck befinden; auf der aussen befindlichen Schicht lastet die Atmosphäre, auf der innen befindlichen Schicht dagegen die Quecksilbersäule, deren Höhe gleich ist der Differenz des Quecksilberstandes innerhalb und ausserhalb der Röhrenwand. Diese Quecksilbersäule hält also dem Atmosphärendruck das Gleichgewicht. Ist der Querschnitt der Röhre zehnmal so klein als die Oberfläche des aussen befindlichen Quecksilbers, so wird das Gewicht der auf dieser Oberfläche lastenden Luft zehnmal grösser sein als das Gewicht der inneren Quecksilbersäule, denn nur unter diesen Umständen kann nach der Erscheinung in den communicirenden Röhren (pag. 601) Gleichgewicht stattfinden.

Die Höhe dieser Quecksilbersäule ist im Durchschnitt an der Oberfläche des Meeres 760^{mm}. Je höher jedoch der Ort liegt, an dem dieser Versuch angestellt wird, um so kleiner wird die Quecksilbersäule sein.

Den ganzen Apparat nennt man ein Barometer und die Höhe der Quecksilbersäule den Barometerstand. Der mittlere Barometerstand an der Oberfläche des Meeres ist 760^{mm}. Man

nennt den hierdurch dargestellten Atmosphärendruck den normalen Druck und spricht vom Druck einer Atmosphäre, wenn der Atmosphärendruck einen Barometerstand von 760^{mm} ergiebt.

Jeder Ort der Erde hat einen mittleren Barometerstand, der sich im Laufe der Zeit nicht zu ändern scheint. Am Aequator ist der mittlere Barometerstand am niedrigsten, er steigt gegen die Pole hin.

Gleichwerthig einem Druck von 760^{mm} Quecksilberhöhe ist der Druck einer Wassersäule von circa 10 Meter Höhe.

Der Stand des Barometers ist, wie schon gesagt, an jedem Orte bedeutenden Schwankungen unterworfen, die nicht allein von der Jahreszeit abhängen, sondern auch im Laufe eines Tages eintreten. Der Barometerstand hat jeden Tag ein Maximum und ein Minimum. Die Ursache dieses Wechsels ist der stete Wechsel der Temperatur auf der Erde.

Fig. 44.



Zu wissenschaftlichen Arbeiten bedarf man sehr häufig der Kenntniss des Barometerstandes, auch im gewöhnlichen Leben wird der Barometerstand vielfach beobachtet, da das Wetter mit demselben in einiger Beziehung steht. Das Barometer zum gewöhnlichen Gebrauch ist in Fig. 44 abgebildet.

Dasselbe besteht aus einer an einem Ende geschlossenen, am anderen Ende mit einer Kugel versehenen und gebogenen Glasröhre, welche man mit Quecksilber gefüllt und alsdann in die durch die Zeichnung veranschaulichte Lage gebracht hat. Das für wissenschaftliche Verwendungen bestimmte Barometer ist sehr vorsichtig gearbeitet. Es ist bei demselben namentlich dafür gesorgt, dass der über dem Quecksilber in der Röhre befindliche Raum vollständig luftleer ist (Toricellische Leere); ausserdem ist es mit einer Theilung versehen, deren Nullpunkt in der Mitte der Säule angebracht ist und mit Hülfe deren man sowohl nach dem oberen als auch nach dem unteren Stande im zweiten Schenkel abmessen kann.

Ein Gas befindet sich unter dem Druck einer Atmosphäre, wenn der von ihm auf die Gefässwände ausgeübte Druck gleich ist dem Druck einer Atmosphäre. Schliesst man ein Gas derart in ein Gefäss ein, dass die Gefässwand an einer Stelle beweglich ist, etwa indem man es in

einer Flasche unter Wasser oder Quecksilber absperrt, so wird das Gas stets unter dem Druck einer Atmosphäre sich befinden, wenn das Niveau der Sperrflüssigkeit ausser- und innerhalb der Flasche dasselbe ist. Verändert man durch irgend welche Mittel die Expansion des Gases, so wird sich der Druck dadurch ausgleichen, dass die Sperrflüssigkeit ihre Stellung verändert. Vermindert man z. B. die Expansion durch Abkühlung oder indem man ein Theil des Gases wegnimmt, so wird die Sperrflüssigkeit in der Flasche aufsteigen. Auf diesem Bestreben den Druck auszugleichen, das die Folge der gleichzeitigen Wirkung entgegengesetzter Druckkräfte ist, nämlich der Expansion der Gase und des Luftdrucks, beruht die Construction vieler Apparate, namentlich der Heber, Pumpen, Aspiratoren, überhaupt aller Saugvorrichtungen.

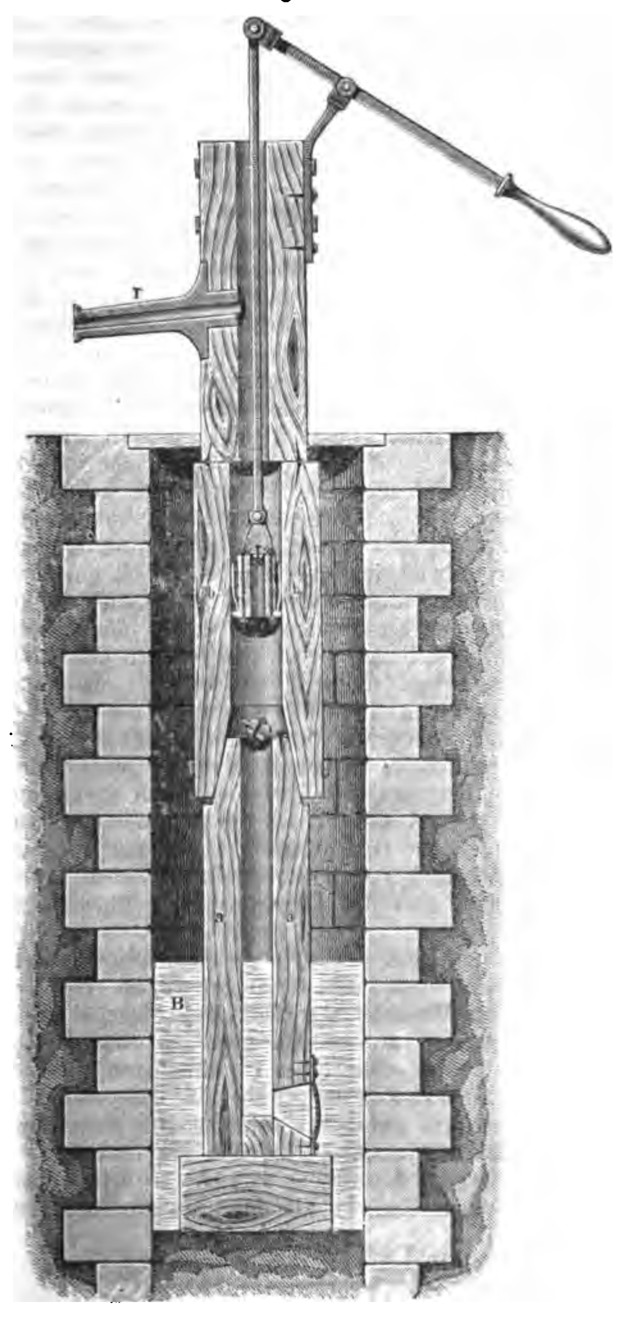
Heber, Pumpen. Saugt man an einem Ende einer mit dem andern Ende in Wasser getauchten Röhre, so wird das Wasser in die Röhre fliessen, selbst wenn die Röhre senkrecht gerichtet ist und das Wasser steigen muss. Der auf der Wasseroberfläche lastende Luftdruck treibt dasselbe in die Röhre. Das Wasser wird nach dem eben Erörterten jedoch nur bis zu einer gewissen Höhe steigen, da eine Wassersäule von 10 Meter Höhe dem atmosphärischen Druck das Gleichgewicht hält.

Ein Heber ist im Wesentlichen eine gebogene Röhre, deren kürzerer Schenkel in die zu hebende Flüssigkeit getaucht wird, während der andere Schenkel zum Ableiten derselben dient. Hat man einmal durch Saugen mit der zu hebenden Flüssigkeit diese gebogene Röhre gefüllt, so fliesst die ganze Menge der Flüssigkeit durch dieselbe hindurch. Die im längeren Schenkel abfliessende Flüssigkeit saugt nämlich fortwährend Flüssigkeit in den kürzern Schenkel nach. Hierbei ist es nothwendig, dass der Schenkel, aus welchem die Flüssigkeit abfliesst, länger sei als der andere, oder dass wenigstens die Mündung dieses Schenkels unterhalb des Flüssigkeitsspiegels der zu hebenden Flüssigkeit liegt, weil andernfalls die Flüssigkeit im Abflussrohre zurückfliessen würde.

Eine andere Art von Saugvorrichtungen sind die Pumpen.

Fig. 45 stellt eine Pumpe dar. Das hölzerne Saugrohr a a steht im Brunnenschacht und taucht dort in das zu hebende Wasser ein; am unteren Ende dieses Rohrs ist seitlich eine mit einem Sieb zur Abhaltung der Unreinigkeit versehene Oeffnung; auf diesem Saugrohr sitzt luftdicht das Kolbenrohr b, in welchem sich ein Kolben luft- und wasserdicht schliessend bewegt. Das Saugrohr ist durch ein Ventil geschlossen, welches durch einen Druck von unten geöffnet wird. Der im Kolbenrohr b befindliche Kolben wird durch eine Kolbenstange gehoben, die ihrerseits durch ein

Fig. 45.



Hebelwerk in Bewegung gesetzt wird. Wird der Kolben in die Höhe gezogen, so öffnet sich das Ventil von unten, gleichzeitig wird Wasser in dem Saugrohr aufsteigen; beim nachherigen Niedergange des Kolbens wird das einmal gestiegene Wasser nicht wieder fallen, weil durch den Druck von oben das Ventil der Saugröhre geschlossen wird, während die zwischen diesem Ventil und dem Kolben befindliche Luft durch ein im Innern des Kolbens befindliches Ventil entweicht. Bei einer zweiten Hebung des Kolbens wird das Wasser höher steigen und bald den Raum über dem Ventil erfüllen. Beim Niedergange des Kolbens wird dieses Wasser nicht wieder nach unten abfliessen können, weil das Ventil geschlossen wird; es kann nur durch den Kolben in den Raum über denselben treten und wieder nachher mit dem Kolben gehoben werden; dieses wiederholt sich so oft, bis das Wasser zur Ausflussröhre r gelangt. Je länger das Saugrohr ist, desto öfter wird der Kolben auf und ab gehen müssen, ehe Wasser aus r ausfliessen kann.

Sicherheitsröhre. Figur 6 pag. 84 stellt einen Apparat dar, in welchem eine Sicherheitsröhre angebracht ist. Der Kolben A trägt nämlich eine gebogene Trichterröhre, welche zum Theil mit Flüssigkeit angefüllt ist; diese Röhre dient hier als Sicherheit und verhindert das Einfliessen von Flüssigkeit von B nach A. In A soll sich Chlor entwickeln, dasselbe soll in B gewaschen werden; hat die Chlorentwicklung aufgehört und findet in Folge der Abkühlung von A eine Zusammenziehung des darin enthaltenen Gases statt, so wird sich der Druck im Inneren des Gefässes A mit dem äusseren Druck dadurch ausgleichen, dass durch die Sicherheitsröhre Luft von aussen einströmt; wäre der Kolben A, statt durch die in der Sicherheitsröhre befindliche Flüssigkeit, durch einen Stopfen verschlossen; so müsste sich der Druck im Inneren des Kolbens A mit dem äusseren Druck dadurch ausgleichen, dass Flüssigkeit aus B nach A fliessen würde, wodurch der Raum, welchen das in A enthaltene Gas auszufüllen vermag, um das Volumen der eingeströmten Flüssigkeit vermindert wird. Die Sicherheitsröhre verhindert also das Einströmen der Flüssigkeit aus B nach A.

Eine Vorrichtung, die auf dem gleichen Princip beruht und zum Aufsaugen von Luft angewandt wird, ist der Aspirator. Derselbe besteht im Wesentlichen aus einer Flasche, welche mit Wasser gefüllt ist und von einem zweifach durchbohrten Stopfen verschlossen wird. Die eine Durchbohrung des Stopfens gestattet einem Heber Zutritt, während die andere Durchbohrung eine Glasröhre aufnimmt, welche mit dem Gefässe in Verbindung gesetzt wird, durch welches ein Luftstrom gesaugt werden soll. Lässt man den Heber saugen, so wird Wasser aus der Flasche ausfliessen und in gleichem Maasse Luft dafür ein-

treten; diese Luft wird von der Flasche aufgesaugt, weshalb die letztere Aspirator genannt wird.

Luftpumpe. Die Luftpumpen haben den Zweck, luftverdünnte Räume herstellen zu lassen. Es giebt deren von sehr verschiedener Construction. Wir beschreiben hier nur eine Art, an der das Princip, nach denen die Luftpumpen construirt sind, klar gemacht werden soll. Fig. 46 ist die Totalansicht einer Luftpumpe,



Fig. 46.

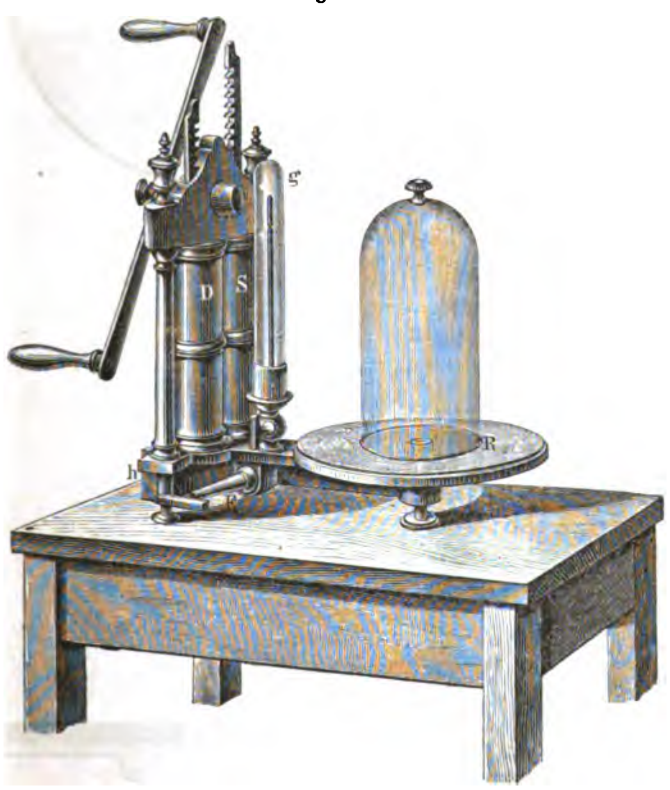


Fig. 47 stellt den horizontalen Durchschnitt in der Höhe des Tellers und Fig. 48 den verticalen Durchschnitt dar.

Aus Fig. 48 wird die innere Einrichtung dieser Luftpumpe am leichtesten ersichtlich. D ist der Stiefel, deren an dieser Luftpumpe zwei vorhanden sind; ein gerader Cylinder inwendig mit glatten Wänden; in diesem Stiefel bewegt sich luftdicht schliessend ein Kolben B, in welchem eine feine Metallstange ac schwer

Fig. 47.

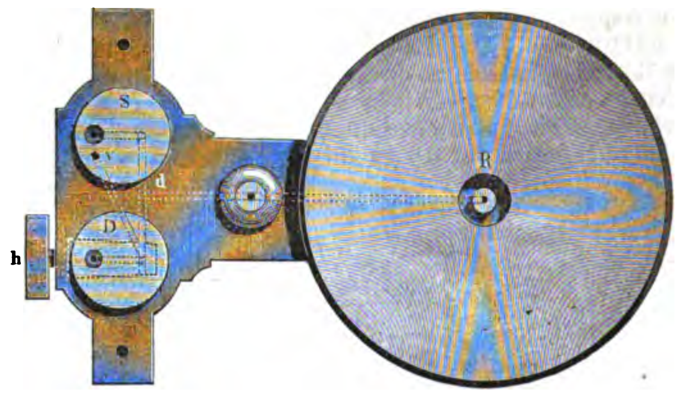
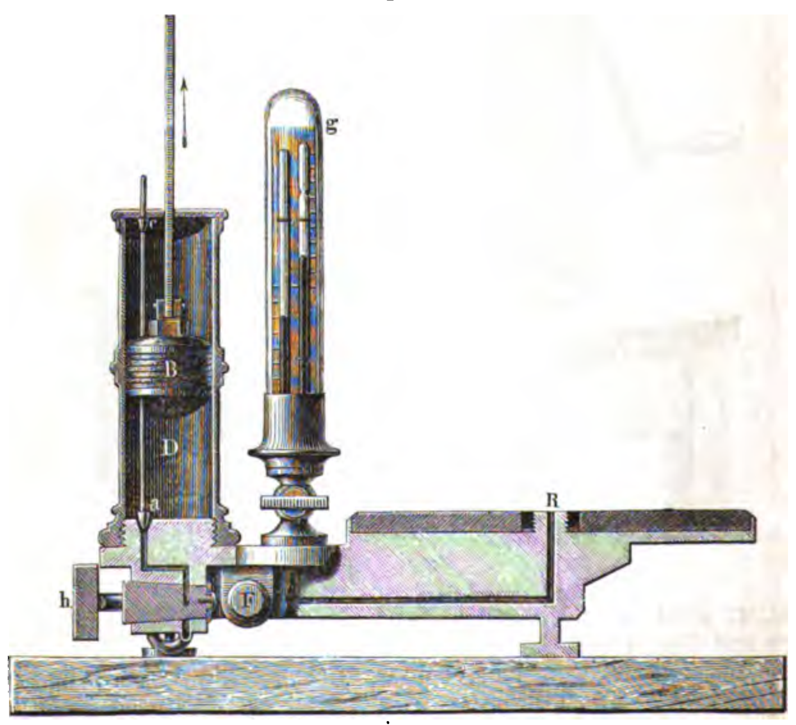


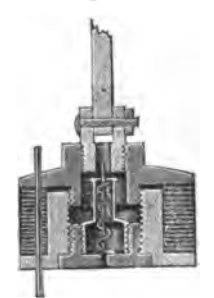
Fig. 48.



beweglich eingesetzt ist; diese kleine Stange ac hat an der Stelle a und c kleine conische Ansätze. Wird der Kolben B gehoben,

so wird auch ac gehoben, die Oeffnung bei a wird frei, die Stange ac kann jedoch nicht höher gehoben werden, als es die Figur zeigt, da c oben anstösst. Bei seinem Niedergange stösst B die Stange ac nach unten, der Conus a wird in die conische Oeffnung eingesenkt und B kann völlig auf der Bodenplatte des Stiefels aufsitzen. Bei seiner Hebung saugt B Luft aus dem Stiefel, und da dieser durch den Canal d (Fig. 47) mit dem Teller und dem Recipienten in Verbindung steht, auch aus diesem. Der Recipient ist das auf dem Teller befindliche Gefäss, in welchem die Luft verdünnt werden soll. Bei seinem Niedergange verschliesst der Kolben B zuerst die Oeffnung bei a und setzt damit den Stiefel ausser Verbindung mit dem Recipienten. Bei dieser zweistiefeligen Luftpumpe saugt immer ein Kolben, denn wenn der Kolben in S, Fig. 46, wieder abwärts geht, hebt sich der Kolben D, wodurch ein fortwährendes Saugen bewirkt wird. Aus Fig. 49 ist die innere Einrichtung des Kolbens zu ersehen, welcher mit einem Ventile versehen ist, das sich beim Niedergange des Kolbens öffnet, und damit der im Stiefel befindlichen Luft den Austritt in die Atmosphäre ermöglicht. Um den Druck der im Recipienten befindlichen Luft zu messen, ist ein mit demselben in Verbindung gesetzter Barometer g, hier Manometer genannt, an der Luftpumpe angebracht. Derselbe besteht aus einer zweischenkeligen Röhre, deren einer Schenkel geschlossen und mit Quecksilber gefüllt ist. Man giebt dieser Röhre meistens eine Länge von 200^{mm}, also ungefähr den vierten Theil der Länge einer Barometerröhre. Ist die Luft im Recipienten auf etwa den vierten Theil verdünnt, so beginnt das Quecksilber zu fallen, wenn noch weitere Luft ausgepumpt wird. Die Differenz der Quecksilberhöhen in beiden Schenkeln giebt stets den Luftdruck an, der im Recipienten herrscht.

Fig. 49.



Zur Bewegung der Kolben dient eine Vorrichtung, die in Fig. 46 zu sehen ist, ein zweiarmiger Hebel, dessen Achse ein gezahntes Rad trägt, das in die Zähne der Kolbenstangen eingreift. Es ist selbstverständlich, dass die Bewegung der beiden Kolbenstangen, und damit auch der Kolben, in den Stiefeln immer entgegengesetzt sein muss.

Man erzielt mit diesem Apparat wie mit jeder anderen Luftpumpe keinen wirklich luftleeren Raum, sondern nur eine mehr oder minder beträchtliche Luftverdünnung.

Um nach geschehenem Auspumpen den Recipienten ausser Verbindung mit dem Stiefel, diesen dagegen in Verbindung mit

der äusseren Luft zu setzen, dient ein Hahn h, der mit doppelter Durchbohrung versehen ist. Man kann einem solchen Hahne verschiedene Einrichtung geben; Fig. 50 und 51 stellen den Babinet'schen Hahn dar. Der innere dunklere Theil der Figur ist der Hahn und der äussere Theil enthält die Canäle, welche die einzelnen Theile eines Apparates, in den ein solcher Hahn eingesetzt ist, verbindet. Man sieht nun leicht, wie durch Drehung des Hahns jede beliebige Verbindung zwischen S, R und D hergestellt werden kann.

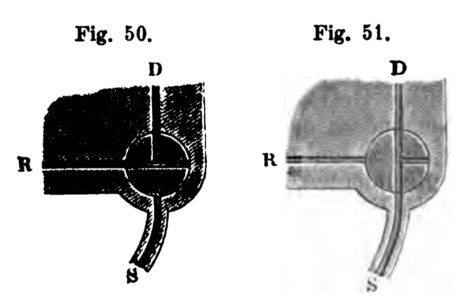


Fig. 50. Fig. 51.

Mariotte'sches Gesetz. Wir haben gesehen, dass man durch Verminderung der in einem Raume von bestimmter Grösse eingeschlossenen Luft eine Verminderung des Druckes hervorbringen kann, welche wir mit Hülfe des Manometers, Fig. 48, bei Versuchen mit der Luftpumpe messen können. Umgekehrt wird man durch Vermehrung der in einem Raume befindlichen Luft eine Vergrösserung des Druckes bewirken können. Der Versuch lässt sich ausführen, entweder indem man Luft in einen geschlossenen Raum einpumpt oder indem man einen geschlossenen Raum durch äusseren Druck verkleinert. Hat man in einer Röhre 200 CC. Luft eingeschlossen, die den normalen Druck ausüben und demnach unter normalem Druck sich befinden, und presst diese 200 CC. auf einen Raum von 100 CC. zusammen, so wird die in dem kleineren Raum enthaltene Luft einen stärkeren Druck ausüben und demnach unter einem stärkeren Druck sich befinden, als wenn sie einen Raum von 200 CC. einnähme. Die Erfahrung hat nun gelehrt, dass die Stärke des Druckes zur Grösse des Volumens bei den meisten Gasen in einem einfachen Verhältniss steht; sie hat gezeigt, dass die Volumina gasförmiger Körper dem auf ihnen lastenden Druck umgekehrt proportional sind. Bezeichnen wir mit v und V zwei Volumina gleicher Gewichtsmengen Luft und mit b und B die denselben entsprechenden Pressungen, so ist

$$\text{XII.} \qquad \frac{v}{V} = \frac{B}{b} \text{ oder } vb = VB,$$

woraus sich das Volumen V leicht berechnen lässt, welches eine Luftmenge bei B Druck einnehmen würde, wenn es bei b Druck das Volumen b eingenommen hat; dasselbe ist

$$V = \frac{v.\,b.}{B}.$$

Mit Hülfe dieser Gleichung können wir leicht den Grad der Luftverdünnung in einer Luftpumpe bestimmen, wenn wir den Stand des Manometers kennen. Die Luft unter dem Recipienten stehe z. B. vor dem Auspumpen unter dem Druck von 760^{mm}, und nach dem Auspumpen unter einem Druck von $3,8^{mm}$, so würde das Volumen der Luft sich 200fach vermehrt haben, denn

$$V = \frac{760 \,.\, v.}{3,8}\,;\ V = 200 \,.\, v$$

mithin ist die Luft, da das Volumen gleich blieb, um das 200fache verdünnt.

Dieser Satz gilt jedoch nur innerhalb gewisser Grenzen, die lediglich durch die Erfahrung festgestellt werden können.

Bei steigendem Druck vermindern sich die Volumina der meisten Gase proportional diesem Druck, aber nur bis zu einem gewissen Grade. Die coërciblen Gase, also diejenigen Gase, welche durch Druck zu Flüssigkeiten verdichtet werden können, zeigen bedeutende Abweichungen von der genannten Regelmässigkeit bei Druckkräften, welche ihrem Verflüssigungsdruck nahe kommen.

Es ist schon gesagt worden, dass man unter dem Druck einer Atmosphäre oder einem Atmosphärendruck einen Druck versteht, welcher dem Gewicht einer Quecksilbersäule von 760^{mm} Höhe gleichkommt. Diese Grösse ist die Einheit bei der Bestimmung der Druckkräfte. Man spricht vom Druck von 2, 3, 4 etc. Atmosphären.

Bei 0° C. werden folgende Gase unter dem angegebenen Drucke flüssig:

Schweflige Säure	bei	1,5	Atmosphären
Ammoniak	„	4,4	„
Chlor	„	6,5	„
Chlorwasserstoff	„	26,2	„
Kohlensäure	„	38,5	„

Man wird also flüssige Kohlensäure erhalten, wenn man gasförmige Kohlensäure, die sich unter gewöhnlichem Druck, d. h. dem Druck einer Atmosphäre befindet, auf den 38,5 mal kleineren Raum zusammenpresst, oder wenn man eine 38,5 mal grössere Menge Kohlensäure in einen Raum einpresst, als dieser bei gewöhnlichem Druck fassen kann. Eine Flasche von 100 CC. vermag bei gewöhnlichem Druck 0,197 Grm. Kohlensäure zu fassen; pumpt man in dieselbe jedoch $38,5 \times 0,197 = 7,584$ Grm., so wird die Kohlensäure sich zu verflüssigen beginnen, jede weiter hinzukommende Menge Kohlensäure wird die Verflüssigung einer gleichen Gewichtsmenge Kohlensäure bewirken, vorausgesetzt, dass

die Temperatur während des Versuchs stets gleich 0° ist. Auf diese Weise stellt man flüssige Kohlensäure her.

In Folge des auf ihnen lastenden grösseren Luftdrucks müssen tiefere Luftschichten schwerer sein als gleich dicke Luftschichten in höheren Regionen. Die relativen Gewichte gleich dicker Luftschichten verhalten sich wie ihre Dichtigkeiten, und diese Dichtigkeiten vermindern sich in geometrischem Verhältnisse, wenn die Höhen in arithmetischem Verhältnisse zunehmen. Auf diesem Satze beruht die Methode der Höhenmessungen mit Hülfe des Barometers.

E. Molecularerscheinungen.

Die Grundlage unserer Ansichten über die Beschaffenheit der Materie ist die Vorstellung, dass dieselbe den Raum nicht stetig erfülle, sondern dass zwischen den kleinsten Theilchen, welche sie zusammensetzen, Zwischenräume enthalten sind, die nicht von wägbarem Stoffe ausgefüllt sind. Die Existenz dieser Zwischenräume erklärt uns eine Anzahl von Erscheinungen, welche man passend unter dem Namen der Molecularerscheinungen zusammenfasst, weil dieselben durch Veränderungen der Materie zu Stande kommen, wobei die gegenseitige Anziehung der Molecüle zur Wirkung gelangt, eine Anziehung, die nicht denkbar wäre, wenn die Molecüle sich in unmittelbarer Berührung mit einander befänden.

Wir wollen einige der wichtigeren Molecularerscheinungen kennen lernen.

Elasticität der Körper. Die Eigenschaft der festen Körper, in bestimmter Lage ihrer Theilchen, und zwar in deren Ruhelage, eine gewisse Festigkeit zu behaupten, nennt man ihre Elasticität. Vermöge ihrer Elasticität werden feste Körper ihre ursprüngliche Beschaffenheit in Form und Volumen beibehalten, oder, nachdem sie durch irgend eine Veranlassung zum Aufgeben dieser Beschaffenheit gezwungen waren, dieselbe wieder annehmen, wenn die äussere Veranlassung zu wirken aufgehört hat.

Durch Pressung lässt sich das Volumen fester Körper verkleinern; hört die Pressung auf, so kehren sie in ihre ursprüngliche Lage zurück, sie nehmen ihr ursprüngliches Volumen wieder ein.

Die Kraft, welche ein fester Körper einer Veränderung seiner molecularen Gleichgewichtslage entgegensetzt, wird seine elastische Kraft genannt.

Für die elastischen Kräfte der festen Körper lassen sich relative Zahlen ermitteln, welche die relative Grösse der elastischen Kräfte darstellen.

Diese elastische Kraft äussert sich sowohl bei Pressungen, als auch bei Dehnung der festen Körper. Wird jedoch ein Körper zu weit aus seiner molecularen Gleichgewichtslage entfernt, so kehrt er nicht wieder in die ursprüngliche Form zurück; in diesem Falle ist die Elasticitätsgrenze überschritten worden.

Die Raschheit, mit der ein fester Körper in seine moleculare Gleichgewichtslage zurückkehrt, nachdem er daraus entfernt wurde, ist sehr verschieden. Bei gewissen Substanzen ist dieselbe sehr klein. Holz kehrt nur langsam in seine ursprüngliche Beschaffenheit zurück, und es hat anfänglich den Anschein, als hätte es eine bleibende Veränderung erfahren. Man nennt diese Erscheinung elastische Nachwirkung.

Eine Dehnung oder Streckung über die Elasticitätsgrenze hinaus bewirkt eine völlige Veränderung des molecularen Gleichgewichts. Diejenigen Stoffe, welche dieselben ertragen, ohne zu zerreissen, werden dehnbar genannt, die anderen nennt man spröde. Die Dehnbarkeit oder Sprödigkeit der Körper ist bei verschiedenen Temperaturen sehr verschieden gross. Stabeisen besitzt bei gewöhnlicher Temperatur eine bedeutende Festigkeit und ist spröde, bei der Weissglühhitze dagegen ist es ungemein dehnbar.

Glas ist bei gewöhnlicher Temperatur ein äusserst spröder Körper, während es sich in der Glühhitze dehnen lässt wie kein anderer Körper. Man kann durch Erhitzen erweichtes Glas zu dünnen Fäden ausziehen und überhaupt die Form desselben sehr bedeutend verändern, ohne es zu zerreissen.

Diese Eigenschaften zeigen uns, dass eine Anziehung der einzelnen Molecüle unter einander existirt, welche den Zusammenhalt der festen Körper bedingt. Je grösser diese Anziehung der Molecüle, die wir Molecularattraction nennen wollen, ist, um so grösser ist auch die absolute Festigkeit der Körper, d. h. die Kraft, welche sich dem Zerreissen oder Zerbrechen der Körper entgegenstellt. Die Molecularattraction, die in der Massenwirkung als Cohäsion zum Vorschein kommt, d. h. als die Kraft, welche die Beschaffenheit der festen Körper bedingt, wirkt stets, sobald Molecüle derselben Masse in genügend innige Berührung kommen. Bei einzelnen Körpern lässt sich die Cohäsion schon durch blosses Aneinanderdrücken zweier Theile von gleicher Masse hervorrufen, in anderen Fällen ist es nöthig, durch andere Mittel die Innigkeit der Berührung zu vergrössern. Das Stabeisen, das sich schweissen lässt, äussert die Cohäsion zweier vorher getrennter Theile, sobald dieselben in der Glühhitze durch den

Hammer in innige Berührung gebracht werden. Die Weichheit des Eisens in hoher Temperatur ermöglicht es, durch den Hammer eine innige Berührung zweier Eisenstücke herzustellen.

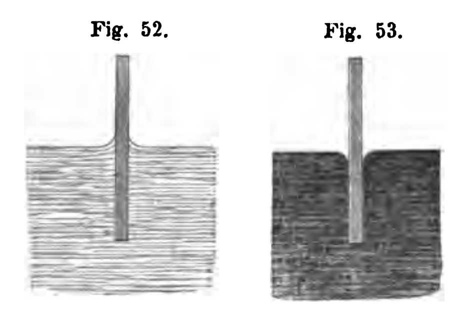
Aber nicht nur zwischen Oberflächen gleicher Massen äussert sich diese Anziehung, sondern auch Oberflächen verschiedener Substanzen äussern bei inniger Berührung eine mehr oder minder starke Anziehung. Man nennt diese Anziehung Adhäsion oder Flächenanziehung.

Es muss hier noch gesagt werden, dass das moleculare Gleichgewicht der Körper durch einen sehr häufig wiederholten oder lange andauernden Druck allmählig ebenso gestört wird, wie wenn eine Dehnung über die Elasticitätsgrenze stattgefunden hätte. Das Stabeisen oder Schmiedeeisen verändert seine innere Structur und damit sein moleculares Gleichgewicht, wenn es längere Zeit einem gewissen Drucke oder Zuge ausgesetzt ist. Die Achsen an Eisenbahnwagen werden z. B. nach längerem Gebrauch brüchig, sie verlieren durch den fortwährend auf ihnen lastenden Druck ihre Elasticität.

Elasticität der Flüssigkeiten. Die tropfbar flüssigen Körper befinden sich in einem Zustande des indifferenten molecularen Gleichgewichts. Es ergiebt sich dies aus der leichten Beweglichkeit ihrer Theilchen.

Die Zusammendrückbarkeit der tropfbaren Flüssigkeiten ist eine sehr geringe. Das Wasser lässt sich durch den Druck einer Atmosphäre nur um $^{1}/_{20000}$ seines ursprünglichen Volumens zusammendrücken.

Fig. 52. Fig. 53.



Die Cohäsion in tropfbaren Flüssigkeiten ist eine viel geringere als in festen Körpern. Die Bildung der Tropfen zeigt uns jedoch, dass auch in tropfbarer Flüssigkeit Cohäsion vorhanden ist.

Die Adhäsion flüssiger und fester Körper veranlasst eine Veränderung der Oberfläche von Flüssigkeiten. Taucht man z. B. eine Glasplatte in Wasser, so nimmt die Wasseroberfläche die in Fig. 52 dargestellte Form an, während beim Eintauchen einer Glasplatte in Quecksilber eine Oberfläche erhalten wird, wie sie in Fig. 53 dargestellt ist.

Im ersteren Fall erhebt sich also die Flüssigkeit an der Glaswand, während im zweiten Falle eine Depression stattfindet. Im

ersteren Falle überwiegt die Adhäsion des Glases und Wassers die Cohäsion des Wassers, im zweiten Falle dagegen ist die Cohäsion der Flüssigkeit stärker als die Adhäsion derselben am Glase.

Eine Flüssigkeit wird hiernach in einer Glasröhre keine ebene Oberfläche haben, sondern stets eine gekrümmte. Die Figur 54 lässt ersehen, wie sich Wasser oder eine wässerige Flüssigkeit in eine Röhre vom Querschnitt, den die Zeichnung angiebt, stellt. Die Flüssigkeitsoberfläche ist gekrümmt, man nennt diese Krümmung den Meniscus.

Fig. 54.



$\frac{1}{1}$

Dieselbe Ursache giebt zur Erscheinung in Capillarröhren Veranlassung. Vermöge der Adhäsion der Flüssigkeit an der Wandung eines Capillarrohrs steigt eine Flüssigkeit in demselben in die Höhe, wenn die Adhäsion stärker ist als die Cohäsion der Flüssigkeitstheilchen, sie sinkt aber, wie das Quecksilber, wenn die Cohäsion stärker ist als die Adhäsion.

Die Kraft, welche das Aufsteigen von Flüssigkeiten in Haarröhrchen bewirkt, nennt man Capillarattraction.

Vermöge der Wirkung der Capillarattraction saugt ein fester Körper Flüssigkeit auf. Häufig ist diese Aufsaugung von einer Anschwellung des festen Körpers begleitet. Trockene Ochsenblase nimmt ziemlich beträchtliche Mengen von Flüssigkeiten auf, z. B. das zwei- und einhalbfache ihres Gewichtes an reinem Wasser. Es ist dies ein Beispiel der Absorption von Flüssigkeiten durch feste Körper.

Diffusion. Zwei miteinander mischbare Flüssigkeiten werden sich allmählig mischen, wenn man sie über einander schichtet, ohne durch mechanische Mittel eine Vermengung zu bewirken. Diese Erscheinung nennt man Diffusion, und das Mischen selbst diffundiren. Die Raschheit, mit der sich Flüssigkeiten mit einander vermischen, ist sehr verschieden.

Schwefelsäure vermischt sich mit Wasser viel rascher als Salzlösungen. Chlorkaliumlösung wird sich rascher mit Wasser vermischen als Kochsalzlösung.

Höchst interessant ist es, dass eine Alaunlösung beim Mischen mit Wasser sich theilweise zersetzt, indem schwefelsaure Thonerde rascher diffundirt als schwefelsaures Kali. Schichtet man Alaunlösung und reines Wasser übereinander, so verhält sich die Alaunlösung wie eine Mischung der Lösungen von schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali, aus welchem Grunde etwas mehr

schwefelsaure Thonerde in die obere Schicht übergehen wird, als dem gleichzeitig übergehenden schwefelsauren Kali entspricht.

Endosmose. Eine Diffusion durch eine poröse Scheidewand wird Endosmose genannt. Als Scheidewand kann man passend eine thierische Membran benutzen. Die Flüssigkeiten verhalten sich sehr verschieden. Bezüglich ihres endosmotischen Verhaltens theilt man die Körper in zwei Klassen ein, in Colloidsubstanzen, welche nicht diffundiren, und Krystalloidsubstanzen, welche diffundiren können. Bezüglich der Leichtigkeit und Raschheit ihrer Diffusion, unterscheiden sich die Krystalloidsubstanzen sehr wesentlich unter einander. Dass nicht alle Körper Endosmose erleiden können, zeigt, dass die poröse Scheidewand einen wesentlichen Einfluss auf den Gang der Diffusion ausübt. Man hat die Endosmose praktisch angewandt, indem man Colloidsubstanzen von Krystalloidsubstanzen durch Endosmose trennt. Bei der Zuckergewinnung aus Rüben wird diese praktische Anwendung sogar im Grossen ausgeführt. Die ganze Operation nennt man Dialyse.

Man verfährt bei einem solchen Versuche folgendermaassen: Die zu dialysirende Flüssigkeit wird in ein Gefäss gebracht, welches unten mit einer thierischen Membran oder mit Pergamentpapier verschlossen ist, also einen Boden von dieser Substanz hat; das ganze Gefäss wird in ein anderes grösseres Gefäss, in welchem sich Wasser oder eine andere Flüssigkeit befindet, hineingehängt. Nach einiger Zeit wird ein Theil der Krystalloidsubstanzen in die Flüssigkeit im äusseren Gefässe diffundirt sein; man hat alsdann den diffundirten Theil von Colloidsubstanzen getrennt.

Elasticität der Gase. Der gasförmige Aggregatzustand ist dadurch charakterisirt, dass die Cohäsion der kleinen Theilchen eines in diesem Zustande befindlichen Körpers eine verschwindend kleine ist.

Die Gase werden als die elastischsten Körper bezeichnet, denn sie sind bestrebt, jeden ihnen dargebotenen Raum vollständig auszufüllen. Eine Dehnung oder Zerreissung eines Gases ist demnach nicht denkbar, weil nur die Aufhebung vorhandener Pressungen dazu gehört, um eine Ausdehnung der Gase zu bewirken.

Adhäsion zwischen Theilchen verschiedener Gase existirt nicht, dagegen ist die Adhäsion der Gase an festen Körpern und tropfbaren Flüssigkeiten nicht unbedeutend.

Krystallographie.

Eine der wichtigsten und interessantesten Arten von Molecularerscheinungen ist die Bildung von Krystallen. Obgleich man noch keine sichere Vorstellung darüber hat, wie die Bildung der Krystalle vor sich geht, so ist man doch berechtigt, sie für das Resultat von Molecularwirkungen zu erklären. Wir wollen nur etwas näher auf die Formen und Eigenschaften der Krystalle eingehen.

Man unterscheidet im Wesentlichen sechs Krystallsysteme, deren jedes durch eine Reihe verschiedener Specialformen vertreten ist. Dieser Eintheilung der vielen Krystalle in sechs Systeme liegt die Betrachtung ihrer Spaltungsrichtungen zu Grunde. Es würde uns zu weit führen, wollten wir hierauf näher eingehen. Wir wollen uns darauf beschränken, die Unterscheidungszeichen der einzelnen Systeme und der Glieder jener Systeme kennen zu lernen.

Die Krystalle haben Ausdehnung nach drei Richtungen, demgemäss auch Symmetrieverhältnisse nach mindestens drei Richtungen. Diese drei Richtungen können wir durch Axen, die wir den Krystallen unterlegen, bezeichnen. Die Figuren 55, 56, 57, 58 und 59 stellen die Axensysteme von fünf der bestehenden sechs Krystallensysteme dar.

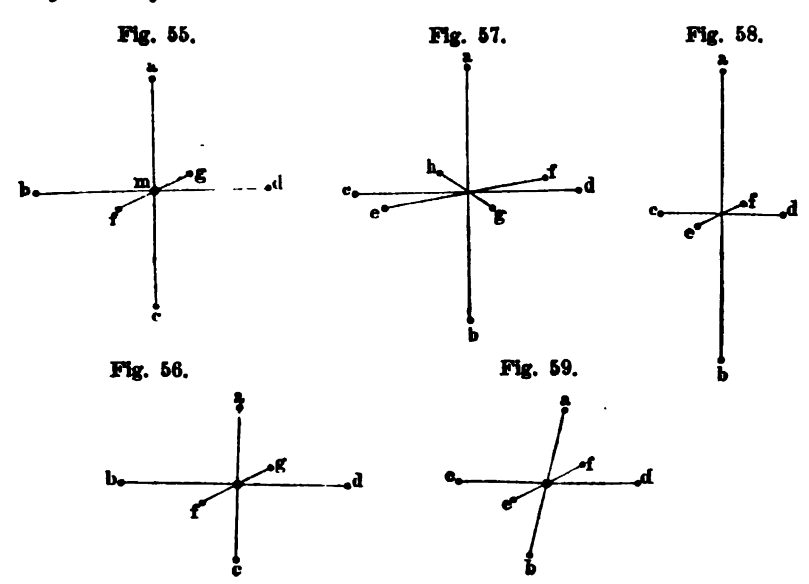


Fig. 55 stellt das Axensystem des regulären Systems dar. Sämmtliche Axen stehen rechtwinklig auf einander, schneiden sich in einem Punkte und sind gleich lang.

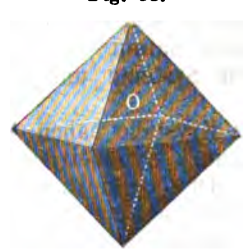
Diese Axen sind die Richtungen, nach welchen die Symmetrie der Krystalle dieses Systems erscheinen.

Legt man durch die Endpunkte der Axen Flächen, von denen jede parallel ist mit der Fläche, in welcher die beiden anderen Axen liegen, so hat der durch diese Flächen eingeschlossene Raum die Form des Würfels, Fig. 60. Sind dagegen die Flächen so gelegt, dass jede Fläche sämmtliche drei Axen in gleichen Abständen vom Axenmittelpunkte schneidet, so entsteht ein Raum von der Form von Fig. 61, Octaëder genannt.

Fig. 60.



Fig. 61.



Die verschiedenen Formen eines Krystallsystems entstehen also, indem in verschiedener Weise Flächen durch die Axen gelegt werden, wobei nicht nur die Richtung der Fläche, sondern auch ihre Entfernung vom Mittelpunkt des Axenkreuzes zu berücksichtigen ist.

Fig. 56 stellt das Axenkreuz des quadratischen Systems dar. Hier stehen die drei Axen senkrecht auf einander, schneiden sich in einem Punkte, eine Axe ist jedoch verschieden in ihrer Grösse von den beiden anderen. Die Formen des quadratischen Systems sind also nur nach zwei Richtungen gleich entwickelt, während ihre Ausbildung in der dritten Richtung der Hauptaxe, d. h. derjenigen Axe, welche von den beiden andern Axen verschieden ist, abweicht.

Die Figuren 62 und 63 stellen zwei Octaëder des quadratischen Systems dar. Die Hauptaxe, Fig. 62, ist kleiner, diejenige der Fig. 63 grösser als die beiden anderen oder Nebenaxen. Die dem Würfel entsprechende Form des quadratischen Systems ist eine vierseitige Säule mit quadratischem Querschnitt.

Das Axenkreuz Fig. 58 gehört dem rhombischen System an. Die octaëdrische Form des rhombischen Systems ist dargestellt durch Fig. 64, den rhombischen Octaëder. Die

Axen des rhombischen Systems stehen alle senkrecht zu einander, schneiden sich in einem Punkte, sind aber alle drei ungleich lang. Die dem Würfel entsprechende Form des rhombischen Systems ist eine rhombische Säule, d. h. eine vierseitige Säule mit rhombischem Querschnitt.

Vergleichen wir nun diese drei Systeme und die beiden analogen Formen derselben mit einander. Die Figuren 55, 56 und 58 zeigen die drei Axenkreuze, deren Verschiedenheit auf den ersten Blick auffällt. Die Fig. 61, 62 und 63, 64 stellen die octaëdrischen Formen der drei Systeme dar und Fig. 60 den Würfel. Während am regulären Octaëder, Fig. 61, alle Winkel, Ecken, Kanten und Flächen gleich sind, treten bei den Quadratoctaëdern Verschiedenheiten auf. In beiden Quadratoctaëdern sind die Winkel nicht alle gleich, weder die Flächen- noch die Kantenwinkel. Der Quadratoctaëder hat wie der reguläre Octaëder 8 Flächen und 12 Kanten, aber während bei beiden Arten sämmtliche Flächen gleich sind, hat der reguläre Octaëder 12 gleiche Kanten, der Quadratoctaëder dagegen zwei verschiedene Arten, nämlich 8 und 4 unter einander gleiche. Die Flächen des Quadratoctaëders sind nämlich nicht gleichseitige, sondern gleichschenklige Dreiecke. Die Kanten, welche von den durch die Hauptaxe verbundenen Ecken ausgehen, sind unter einander gleich, aber verschieden von den vier andern Kanten, welche zwischen Ecken liegen, die durch Nebenaxen verbunden sind.

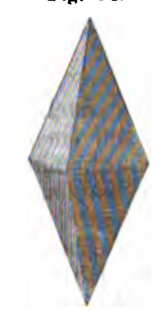
Fig. 62.

Fig. 63.



Durch die Ungleichheit der Länge sämmtlicher drei Axen des Systems wird die Basis des rhombischen Systems ein Rhombus. Am rhombischen Octaëder sind dreierlei Kanten, nämlich erstens die vier gleichen Seiten des Rhombus, der die Basis des Octaëders ist, zweitens die vier Kanten, welche die verticale Axe mit der grösseren horizontalen Axe verbinden und drittens die vier Kanten, welche die verticale Axe mit der kleineren horizontalen Axe verbinden.

Fig. 64.



Wie schon gesagt, ist die Basis des regulären Octaëders ein Quadrat, ebenso die

Basis des Quadratoctaëders, während die Basis des rhombischen Octaëders ein Rhombus ist, wenn unter Basis der horizontale Durchschnitt verstanden wird, in dem der Mittelpunkt und die beiden horizontalen Axen liegen.

Macht man dagegen einen Durchschnitt durch diese drei Octaëder in der Weise, dass die verticale Axe und eine horizontale Axe in demselben liegt, so erhält man beim regulären Octaëder ein Quadrat, beim quadratischen Octaëder ein Rhombus und ebenso beim rhombischen Octaëder.

Während wir bei diesen Systemen eine Anzahl von Analogien beobachten, weichen die drei anderen Systeme nicht allein sehr von den genannten ab, sondern auch sehr bedeutend unter sich. Die drei genannten Systeme haben rechtwinklige Axenkreuze, die anderen Systeme zeigen andere verschieden grosse Winkel.

Dasjenige System, welches sich den rechtwinkligen Systemen noch am meisten nähert, ist das hexagonale System, bei welchem drei Axen in einer Ebene liegen, während eine vierte Axe auf dieser Ebene steht. Die vierte Axe, Fig. 57, sei die Hauptaxe, die drei anderen horizontalen Axen die Nebenaxen. Die vier schneiden sich in einem Punkte, die drei Axen cd, ef und hg bilden sechs gleiche Winkel mit einander und sind gleich lang, die vierte Axe ist verschieden.

Die den Octaëdern entsprechende Form dieses Systems ist eine sechsseitige Pyramide, Fig. 65.

Fig. 65.

Die sechsseitige Pyramide hat 12 Flächen, welche gleichschenklige Dreiecke sind, ferner 18 Kanten, von denen die 12 von der Hauptaxe ausgehenden unter einander gleich, aber verschieden von den 6, die ihrerseits unter einander gleich und die Nebenaxen verbinden, sind.

Der horizontale Durchschnitt der sechsseitigen Pyramide ist ein reguläres Sechseck, der verticale Durchschnitt ein Rhombus.

Das monokline oder monoklinometrische System, dessen Axenkreuz Fig. 59 darstellt, hat drei Axen, von denen zwei in einer Ebene liegend auf einander senkrecht stehen, während die dritte durch den Schnittpunkt der horizontalen Axen gehend nicht senkrecht auf der horizontalen Ebene steht. Die Neigung der Axe ab ist jedoch derart, dass ef rechtwinklig auf der durch ab und cd bestimmten Ebene steht; die Ebene ab cd heisst die symmetrische Ebene und die Axe ef, welche auf dieser Ebene senkrecht steht, die symmetrische Axe.

Die einfachste und häufigste Form des monoklinen Systems ist die **rhombische Säule**, Fig. 66.

Das sechste Krystallsystem ist das **trikline** oder **triklinometrische System**, dessen Axensystem ganz unregelmässig ist. Seine drei Axen sind ungleich und bildet keine einen rechten Winkel mit einer anderen. An den Krystallen, welche in dieses System gehören, finden wir nur je zwei gegenüber liegende Flächen, Ecken und Kanten gleich.

Combinationen.

Die bis jetzt genannten Formen sind alle nur die einfachen Ableitungen des Axensystems. Es ist nun eine grosse Anzahl von Krystallformen beobachtet worden, welche als abgeleitete Formen der einfachen Krystalle angesehen werden.

Die Durchdringung eines regulären Octaëders mit einem Würfel führt zu einer Form, die in Fig. 67 dargestellt ist, wenn man die einem Octaëder und einem Würfel von verschiedener Axenlänge gemeinsam angehörenden Theile berücksichtigt. Die

Fig. 66.

Fig. 67.

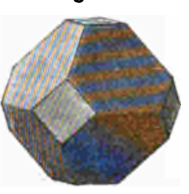


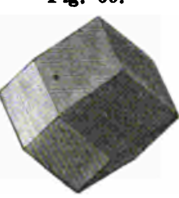
Fig. 68.



Ecken des Octaëders sind abgestumpft durch die Würfelflächen, und da alle Ecken des regulären Octaëders gleich sind, so sind auch alle gleich abgestumpft.

Eine Abstumpfung der Octaëderkanten wird eine Form ergeben, wie sie Fig. 68 darstellt.

Fig. 69.



Wachsen die Abstumpfungsflächen so weit als möglich, so entsteht das **Granatoëder** oder **Rhombendodekaëder** Fig. 69.

Die Abstumpfungen an dem quadratischen Octaëder werden nicht alle Kanten oder Ecken gleich betreffen, da die Kanten und Ecken verschieden sind.

So entstehen durch Abstumpfung der horizontalen Kante des quadratischen Octaëders zwei Formen, die durch Fig. 70 und 71 dargestellt sind. Bei Fig. 70 herrschen noch die Octaëderflächen

vor, während bei Fig. 71 die Abstumpfungsflächen vorherrschen, wodurch der Körper ein säulenförmiges Ansehen erhält. In der That bilden auch die Abstumpfungsflächen der horizontalen Kante des quadratischen Octaëders vier Flächen einer quadratischen Säule.

Die Abstumpfung der Ecken des Quadratoctaëders kann sich entweder auf die vier durch die Nebenaxen verbundenen Ecken oder auf die beiden durch die Hauptaxe verbundenen Ecken erstrecken. Letztere Ecken werden abgestumpft, indem ein Körper von der Form der Fig. 72 entsteht.

Fig. 70.

Fig. 71.

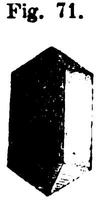


Fig. 72.



Die Combinationen oder Abstumpfungen an dem rhombischen Octaëder sind sehr viel mannigfaltiger als diejenigen des regulären oder quadratischen Octaëders. Fig. 73 stellt den horizontalen Durchschnitt eines rhombischen Octaëders dar. Die Diagonale cd wird die Brachydiagonale genannt, während die Diagonale ef den Namen Makrodiagonale führt. Eine Combination des rhombischen Octaëders mit einer rhombischen Säule ergiebt einen Körper von der Form der Fig. 74. Die verticalen Kanten dieser Combination sind nicht gleich, denn wie sich aus dem Durchschnitt Fig. 73, der auch der Durchschnitt der rhombischen Säule ist, ergiebt, sind die beiden Kanten c und d stumpfe Kanten und die beiden Kanten e und f scharfe Kanten, d. h. die Flächen, welche in den beiden ersten Kanten zusammenstossen, bilden einen stumpfen Winkel, während die in e und f zusammenstossenden Flächen spitze Winkel mit einander bilden. Die Verschiedenheit der Kanten c, d von e, f bedingt auch die Möglichkeit, das nur zwei verticale Kanten abgestumpft werden können. Sind z. B. die beiden scharfen Kanten abgestumpft, so entsteht eine sechsseitige Säule mit pyramidenförmiger Endigung,

Fig. 73.

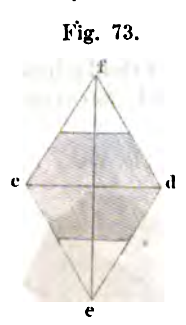


Fig. 74.

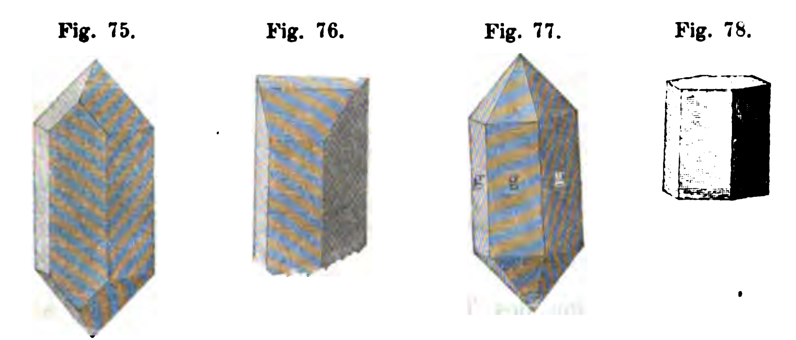


Fig. 75, deren Durchschnitt im schraffirten Theile der Fig. 73 dargestellt ist.

Die Octaëderkanten der Fig. 75 können noch weiter abgestumpft werden, wodurch eine Form entsteht, wie sie durch Fig. 76 dargestellt wird, wo die den scharfen Säulenkanten entsprechenden Octaëderkanten bis zum Verschwinden der octaëdrischen Endigung der Säule durch mehrere der Axe cd parallele Flächen von verschiedener Neigung gegen die Hauptaxe abgestumpft erscheinen.

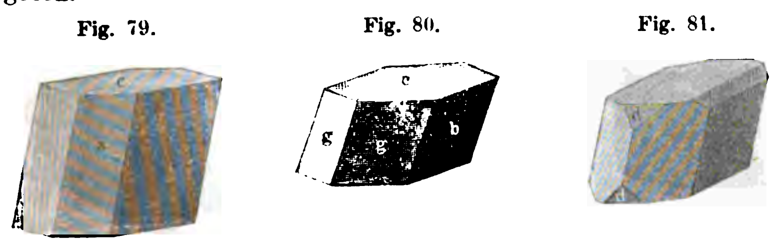
Die Figuren 77 und 78 stellen Combinationen einer sechsseitigen Säule (Fig. 77) und weiter die Abstumpfung der oberen und unteren Ecke der sechsseitigen Pyramide mit einer den Nebenaxen parallelen Fläche bis zur Bildung einer sechsseitigen Säule mit gerader Endfläche (Fig. 78) dar.

Fig. 75. Fig. 76. Fig. 77. Fig. 78.



Die Abstumpfungen des monoklinen Systems sind denen des rhombischen ganz analog. Die monokline Säule Fig. 66 kann durch Abstumpfung ihrer Kanten und Ecken zur Entstehung der in den Figuren 79, 80 und 81 dargestellten Körper Veranlassung geben.

Fig. 79. Fig. 80. Fig. 81.



Hemiëdrie.

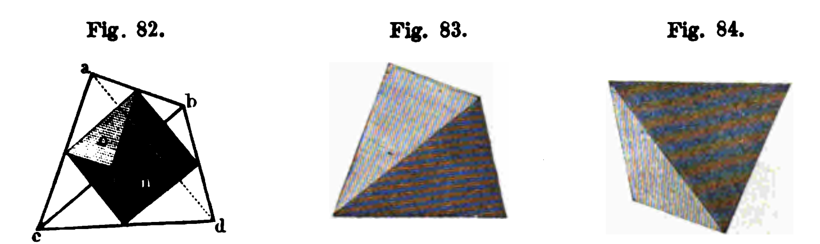
Die beschriebenen Krystalle sind sämmtlich Formen, welche vollständig und nach allen Seiten hin nach ihren jeweiligen Axen-

systemen gleichmässig entwickelt sind. Es kommt jedoch vor, dass gewisse Flächen so stark ausgebildet sind, dass andere Flächen ganz verschwinden. Es ist dann Regel, dass stets die Hälfte der Flächen ausgedehnt und dafür die andere Hälfte verschwunden ist. Man nennt derartige Krystalle **Halbflächner** oder **hemiëdrische Krystalle**.

Wachsen an einem Octaëder die Flächen n und o, Fig. 82, und die beiden gegenüberliegenden Flächen, so müssen vier Flächen verschwinden und ein Körper von der Form entstehen, die durch Fig. 83 veranschaulicht wird.

Die letztere Form nennt man **Tetraëder**. Ein Tetraëder, Fig. 84, wird entstehen, wenn die vier anderen Flächen des Octaëders wachsen und dafür die vier ersteren verschwinden.

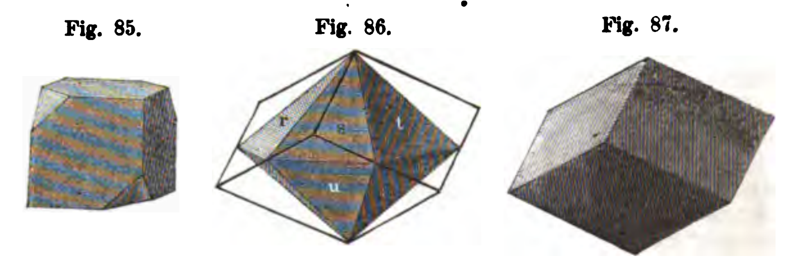
Fig. 82. Fig. 83. Fig. 84.



Die Combination des Tetraëders mit dem Würfel, Fig. 85, ist ebenfalls eine hemiëdrische Form.

Einer der interessantesten Krystalle, das **Rhomboëder**, ist eine hemiëdrische Form des hexagonalen Systems. Die Beziehung des Rhomboëders zur sechsseitigen Pyramide wird aus den Figuren 86 und 87 klar.

Fig. 85. Fig. 86. Fig. 87.

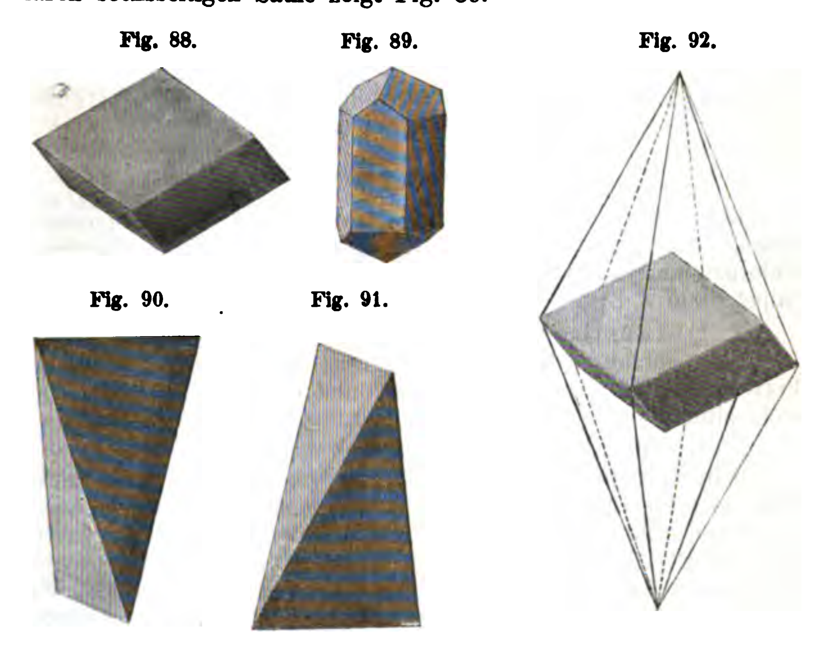


Die Flächen r, t und diejenige, welche s gegenüber liegt, Fig. 86, wachsen, ausserdem von der unteren Pyramide u und die beiden Flächen, welche in einer Kante mit den nicht wachsenden Flächen der oberen Pyramide zusammenstossen; hierbei

entsteht das Rhomboëder, Fig. 87, welches in Fig. 86 durch die starke Linie bezeichnet ist.

Ein Rhomboëder, welches sich zum Rhomboëder Fig. 87 verhält, wie der Tetraëder Fig. 84 zu dem Tetraëder Fig. 83, entsteht beim Wachsen der 6 anderen Flächen der sechsseitigen Pyramide und ist in Figur 88 dargestellt.

Eine Combination des Rhomboëders Fig. 87 mit der regulären sechsseitigen Säule zeigt Fig. 89.


Fig. 88. Fig. 89. Fig. 92. Fig. 90. Fig. 91.

Es seien hier noch folgende interessantere Hemiëdrien erwähnt:

Sphenoïde sind Hemiëdrien rhombischer Octaëder. Sie sind durch Fig. 90 und 91 dargestellt.

Sie verhalten sich zu einander wie die beiden Tetraëder und die beiden Rhomboëder, nur mit dem Unterschiede, dass die beiden Tetraëder, Fig. 83 und 84, und die beiden Rhomboëder, Fig. 86 und 88, untereinander identisch sind und sich nur durch ihre Stellung unterscheiden, so dass sie durch Drehung in die gleiche Lage gebracht werden können, während die beiden Sphenoïde, da ihre Flächen ungleichseitige Dreiecke sind, nicht durch Drehung in die gleiche Lage gebracht werden können.

Den Fall der Hemiëdrie bei Tetraëder und Rhomboëder nennt

congruente oder überdeckbare Hemiëdrie. Die n Sphenoïde sind danach nicht congruent und nicht über-bar. Die Sphenoide kommen übrigens nur in Combination vor.

Skalenoëder ist die Hemiëdrie einer zwölfseitigen Pyramide. Die Seitenkanten fallen zusammen mit denen eines Rhomboëders; Fig. 92 macht dies Verhältniss klar.

Uebersicht der wichtigeren in den verschiedenen Systemen krystallisirenden Körper.

1. Reguläres System.

Kohlenstoff; viele Metalle, wie Kalium, Natrium, Magnesium, Eisen, Blei, Kupfer, Silber und Gold; ferner Eisenkies, Bleiglanz, Chlornatrium, Chlorkalium, Jodkalium, Salmiak, Flussspath, Alaune, salpetersaures Bleioxyd, salpetersaurer Baryt.

2. Quadratisches System.

Phosphorsaures Kali, schwefelsaures Nickeloxydul ($+ 2H_2\Theta$), Ferrocyankalium, Quecksilberchlorür und Quecksilberjodid, ferner viele Mineralien.

3. Rhombisches System.

Schwefelsaures Kali, Chlorbaryum ($+ 4H_2\Theta$), chromsaures Kali, salpetersaures Kali, salpetersaures Ammoniak, schwefelsaures Natron, Quecksilberchlorid, übermangansaures Kali, phosphorsaures Natron ($P\Theta_4H_2Na + H_2\Theta$) oder ($NaO2HO.PO_5 + 2HO$); viele Mineralien, wie Cölestin, Schwerspath, Bleivitriol, Arragonit, Witherit, Strontianit, Weissbleierz; ferner kohlensaures Natron ($+7H_2\Theta$), Zinkvitriol, schwefelsaures Nickeloxydul ($+7H_2\Theta$), salpetersaures Silberoxyd, Brechweinstein und viele andere.

4. Hexagonales System.

Schwefelsaures Kali in Verbindung mit schwefelsaurem Natron, schwefelsaure Magnesia ($+ 7H_2\Theta$) aus übersättigten Lösungen; salpetersaures Kali (unbeständige Krystalle bildend) und salpetersaures Natron; kohlensaurer Kalk als Kalkspath, Bitterspath, Zinkspath, Manganspath, Spatheisenstein; ferner Korund, Saphir, Eisenglanz und viele andere Verbindungen; ausserdem Kohlenstoff als Graphit, ferner Arsen, Antimon und Wismuth.

5. Monoklines System.

Schwefelsaure Magnesia ($+ 6H_2\Theta$), ebenso schwefelsaures Zinkoxyd, schwefelsaures Kobaltoxydul, schwefelsaures Nickeloxy-

dul (+ $6H_2O$); ferner schwefelsaures Eisenoxydul, schwefelsaures Manganoxydul, schwefelsaures Kobaltoxydul, schwefelsaures Nickeloxydul und die Gemische schwefelsaurer Salze von Kupferoxyd, Eisenoxydul, Kobaltoxydul, Nickeloxydul, Zinkoxyd und Magnesia (sämmtlich $7H_2O$ enthaltend). Die Doppelsalze des schwefelsauren Kalis mit den genannten schwefelsauren Salzen ($6H_2O$ enthaltend), auch die Doppelsalze des schwefelsauren Natrons mit einigen der obengenannten schwefelsauren Salze; kohlensaure Magnesia (+ $5H_2O$), die basischen kohlensauren Kupferoxyde (Kupferlasur und Malachit), kohlensaures Natron (+ $10H_2O$), und die anderen kohlensauren Salze des Natrons und Kalis, Borax; ferner krystallisirt in Formen des monoklinen Systems eine grosse Anzahl organischer Verbindungen. An Elementen sind zu nennen: Schwefel, aus geschmolzenem Zustande krystallisirend, und Selen.

Triklines System.

Die Verbindungen, welche in triklinen Systemen krystallisiren, sind wenig zahlreich. Von den wichtigeren Körpern seien nur genannt der Kupfervitriol (+ $5H_2O$), saures chromsaures Kali, Borsäure, ferner einige Feldspathe.

Verzerrung der Krystalle.

Zum Schluss unserer krystallographischen Betrachtungen muss noch erwähnt werden, dass die in der Natur vorkommenden Krystalle ebenso wie die künstlich dargestellten Krystalle nur äusserst selten die in den gegebenen Zeichnungen dargestellte Form besitzen, sondern immer mehr oder weniger starke Verzerrung zeigen, ausserdem auch niemals so vollkommen ausgebildet sind. Die Figur 93 zeigt die ideale Form einer hexagonalen Säule mit einer sechsseitigen Pyramide; der Quarz krystallisirt in dieser Form; vorwiegend als Bergkrystall findet er sich gut ausgebildet; aber sehr häufig weicht er auch von der idealen Form ab und bildet alsdann Krystalle, wie sie die Fig. 94 darstellt.

Fig. 93.



Fig. 94.



Vollkommen ausgebildete, nach allen Seiten entwickelte Krystalle entstehen nur äusserst selten; sie können sich bilden, wenn sie an der Ober-

fläche einer Flüssigkeit entstehen und nicht auf einer Unterlage aufsitzen, denn in letzterem Falle bleibt die untere Seite stets unentwickelt. Gut ausgebildete grosse Krystalle kann man sich dadurch darstellen, dass man schön ausgebildete kleine Krystalle, die man häufiger erhält, in die Lösung des betreffenden Körpers hineinhängt. Der kleine Krystall wächst alsdann und kann sich nach allen Seiten ausbilden.

Zweiter Theil.

Wärmelehre.

Allgemeines.

Die Ausdehnung der Körper, die Veränderung der Aggregatzustände derselben, werden durch ein Agens bewirkt, welches wir Wärme nennen. Die Existenz der Wärme bemerken wir jedoch nicht nur in der Ausdehnung der Körper, sondern noch viel deutlicher an einer Reaction auf unser Gefühlsvermögen. Wir unterscheiden gewisse Zustände durch die Bezeichnungen k a l t und w a r m und pflegen den bestimmten Grad von Kälte und Wärme im Allgemeinen T e m p e r a t u r zu nennen. Alle diese Erscheinungen treten ein, indem die Wärme entsteht oder verschwindet. Wir lassen ihre Entstehung und ihren Verbleib nach dem Verschwinden zunächst ausser Acht und betrachten vorerst die Erscheinungen, welche eintreten, wenn einem Körper Wärme von aussen zugeführt wird. Gesetzt den Fall, wir erhalten von einer unbekannten Wärmequelle Wärme, welche auf einen beliebigen Körper einwirke. Wir werden nun beobachten, dass dieser Körper sich ausdehnt, dass er aber auch gleichzeitig wärmer wird, was wir an der Reaction auf unser Gefühl wahrnehmen können. Diese beiden Veränderungen, nämlich Volumvermehrung und Erhöhung der Temperatur, gehen neben einander her und man kann daher die Volumvergrösserung als Kennzeichen der Temperaturerhöhung benutzen, wenn wir nicht mehr im Stande sind, dieselbe durch unser Gefühl wahrzunehmen, gerade so wie wir eine Ausdehnung eines Körpers annehmen, wenn wir sie auch nicht sehen, sondern nur die fühlbare Temperaturerhöhung beobachten.

Das Thermometer.

Die Beobachtung der Ausdehnung eines Körpers ist ein sehr geeignetes Mittel, nicht allein um die Temperaturerhöhung desselben zu constatiren, sondern auch um ein Maass für diese zu erhalten.

Ein Apparat, welcher dazu dient den Grad der Temperaturerhöhung zu bestimmen, wird Thermometer genannt. Derselbe hat für nicht allzu hohe oder allzu niedrige Temperaturen gewöhnlich folgende Einrichtung. Ein dickwandiges Haarröhrchen, Fig. 95, welches am unteren Ende mit einer länglichen oder auch kugelförmigen Erweiterung versehen ist, ist mit Quecksilber bis zu dem in der Figur angedeuteten Punkte gefüllt. Um Anhaltspunkte für den Grad der Temperatur zu haben, bezeichnet man zwei Punkte mit Marken, welche bestimmten Temperaturen entsprechen, und wählt dazu den Schmelzpunkt des Eises und den Siedepunkt des Wassers. Das Eis schmilzt stets bei derselben Temperatur, diese Temperatur wird als der Nullpunkt angenommen; ebenso siedet das Wasser unter den gleichen Bedingungen stets bei der gleichen Temperatur. Man kann daher annehmen, dass die Ausdehnung des Quecksilberfadens im Thermometerrohr stets bis zu der dem Siedepunkt des Wassers entsprechenden Marke gehen wird, wenn das Thermometer in den aus siedendem Wasser aufsteigenden Dampf gebracht wird, und dass andererseits die Länge des Quecksilberfadens immer dieselbe sein wird, wenn man das Thermometer in schmelzendes Eis taucht, dass nämlich alsdann der Quecksilberfaden gerade bis zum Nullpunkt reicht. Der Raum zwischen Nullpunkt und Siedepunkt wird in mehrere gleiche Theile getheilt, und zwar zeigt das Celsius'sche Thermometer deren hundert, wovon jeder einzelne ein Grad genannt wird. An dem Réaumur'schen Thermometer ist der fragliche Raum in 80 gleiche Theile getheilt. Das Celsius'sche Thermometer wird Centesimal-Thermometer genannt.



Fig. 95. Fig. 96.

Wie sich nun ein Thermometer zur Bestimmung der Temperatur eignet, mag aus folgender Betrachtung klar werden, wobei vorausgeschickt wird, dass das Thermometer keineswegs ein Ap-

parat ist, mit Hülfe dessen ein Wärmequantum gemessen werden kann, sondern dass es nur dazu dienen kann, die Identität verschiedener Temperaturen oder das Verhältniss von Temperaturunterschieden festzustellen; deshalb ist es auch eine durchaus falsche Vorstellung, wenn man glaubt, eine Flüssigkeit, welche 100 Grad warm ist, sei noch einmal so warm, als eine solche, welche 50 Grad warm ist.

Ein Centesimal-Thermometer steht auf 0°, wenn es in schmelzendes Eis getaucht, es steht auf 100°, wenn es in den Dampf siedenden Wassers gebracht wird; ebenso fest wie diese beiden Punkte sind alle zwischen 0° und 100° liegenden Punkte des Thermometers.

Wenn wir nun die Temperatur eines Körpers messen wollen, so bringen wir das Thermometer in möglich innige Berührung mit demselben, das Thermometer nimmt dessen Temperatur an, der Quecksilberfaden dehnt sich bis zu einem gewissen Punkte aus, nämlich bis zu demjenigen Punkte, welcher der jeweiligen Temperatur entspricht. Welche Wärmemenge dazu aufgewandt wurde, um den genannten Effect hervorzubringen, können wir mit Hülfe des Thermometers allein nicht bestimmen; wir können nur sagen, der betreffende Körper hat eine Temperatur von n Graden gehabt. Beobachten wir bei Versuchen mit einem anderen Körper, dass dessen Temperatur m Grade beträgt, so dürfen wir nicht sagen, der erste Körper ist $\frac{n}{m}$ mal wärmer als der andere, sondern wir müssen sagen, der erste Körper ist um n—m Grade wärmer als der zweite. Darin ist übrigens noch gar keine Andeutung der jeweiligen Wärmemengen enthalten, welche zur Hervorbringung der beiden Temperaturen von n und m Grad nöthig waren, denn darauf ist nicht allein die Temperatur, sondern auch die Masse des erwärmten Körpers von Einfluss.

Zur Herstellung eines Thermometers verfährt man folgendermaassen: Man bedarf hierzu eines dickwandigen engen Glasrohres, welches so genau als möglich überall gleich weit sein muss. Ob dies der Fall, kann man leicht prüfen; man bringt in die zu untersuchende, an beiden Enden offene Röhre etwas Quecksilber, so dass man einen Quecksilberfaden von einigen Centimetern Länge erhält. Man bestimmt dessen Länge genau und untersucht nun, ob dieselbe immer gleich ist, an welcher Stelle der Röhre sich dieser Quecksilberfaden auch befinde. Finden beim Hin- und Herschieben des Quecksilberfadens in der Röhre beträchtliche Contractionen oder Verlängerungen derselben statt, so ist die Röhre nicht zur Herstellung eines Thermometers zu gebrauchen. Eine Röhre, welche die genannte Bedingung erfüllt, wird alsdann an einem Ende

zugeschmolzen und hierauf an dieses Ende eine längliche Erweiterung, die sogen. Thermometerkugel, angeblasen; an das andere Ende wird ein birnförmiges Glasgefäss angelöthet. Die so vorbereitete Röhre, Fig. 96, wird alsdann an den Stellen t und h erwärmt und noch heiss mit der oberen Spitze in reines ausgekochtes Quecksilber getaucht; in Folge der Abkühlung der Röhre wird Quecksilber nach h aufgesaugt; dreht man jetzt die Röhre um, erhitzt t und lässt dieses wieder erkalten, so fliesst Quecksilber nach; hierauf erhitzt man das zuerst nach t geflossene Quecksilber zum Sieden, um alle Luft aus t und der Röhre auszutreiben, lässt alsdann erkalten, worauf sich t und die Röhre mit Quecksilber füllen werden; schliesslich giesst man das Quecksilber aus h aus und zieht die Röhre unmittelbar unter h zu einer freien Spitze aus. Bevor die Röhre geschlossen wird, muss das Quecksilber noch einmal auf die höchste Temperatur erhitzt werden, welche das Thermometer anzeigen soll, zu welchem Behufe man die Kugel t erhitzt, bis Quecksilber zur oberen Oeffnung ausfliesst; während die Röhre noch mit Quecksilber gefüllt ist, schmilzt man sie zu.

Den Nullpunkt findet man hierauf beim Eintauchen des Thermometers in schmelzendes Eis. Man macht an dieser Stelle ein Zeichen, alsdann hält man das Thermometer in Dampf von siedendem Wasser und bezeichnet wieder den Stand des Quecksilberfadens. Den Raum zwischen dem Eispunkt und dem Siedepunkt theilt man entweder in 100 oder in 80 gleiche Theile, was mit Hülfe einer Theilmaschine ausgeführt werden kann. Die Graduirung setzt man häufig auch über den Siedepunkt fort und verfolgt die Gradangaben bis in die Nähe des Siedepunktes des Quecksilbers. Die Temperaturen unter dem Eispunkt werden mit negativen Zeichen versehen. Drei Grad unter Null ist z. B. $= - 3^\circ$.

Es giebt drei verschiedene Arten von Thermometern.

Celsius nennt den Eispunkt 0°, den Siedepunkt 100°;
Réaumur nennt den Eispunkt 0°, den Siedepunkt 80°;
Fahrenheit nennt den Eispunkt 32°, den Siedepunkt 312°.

Dieser letztere Thermometer ist nur noch in Amerika und, seltener, in England im Gebrauch. Bei wissenschaftlichen Untersuchungen bedient man sich des Celsius'schen Thermometers und alle Temperaturangaben in diesem Buche sind ebenfalls in Celsiusgraden. Im gewöhnlichen Leben gebraucht man in Deutschland hauptsächlich das Réaumur'sche Thermometer. Die Reduction der Temperaturangaben geschieht mit Hülfe folgender Formeln:

$$x^\circ \text{ C.} = {}^4/_5\ x^\circ \text{ R. (Réaumur)};$$
$$x^\circ \text{ R.} = {}^5/_4\ x^\circ \text{ C. (Celsius)};$$
$$x^\circ \text{ F. (Fahrenheit)} = \frac{(x-32)\ 5^\circ}{9} \text{ C} = \frac{(x-32)\ 4^\circ}{9} \text{ R.}$$

100 Grad Celsius sind gleich 80° R.
100 Grad Réaumur sind gleich 125° C.
100 Grad Fahrenheit sind gleich 37,7° C. und gleich 30,2° R.

Ausdehnung durch die Wärme.

Die Körper dehnen sich beim Erwärmen aus. Die Zahl, welche die Volumvergrösserung eines Körpers im Verhältniss zu dessen ursprünglichem Volumen bei der Erwärmung um 1° C. ausdrückt, wird **Ausdehnungscoëfficient** genannt. Derselbe ist z. B. für Kupfer = 0,000051. Flüssigkeiten dehnen sich weit beträchtlicher aus. Der Ausdehnungscoefficient des Quecksilbers ist zwischen 0° und 100° C. = 0,00018153. Das Wasser dehnt sich wie alle Flüssigkeiten beim Erwärmen aus und zieht sich beim Erkalten zusammen, weicht jedoch darin von den anderen Flüssigkeiten ab, dass es bei einer Temperatur von 4° C. am dichtesten ist und sich bei der Abkühlung auf 0° C. ausdehnt; ebenso wird Wasser von 0° bei der Erwärmung bis zu einer Temperatur von 4° C. eine Zusammenziehung erleiden und erst dann sich auszudehnen beginnen.

Fig. 97.

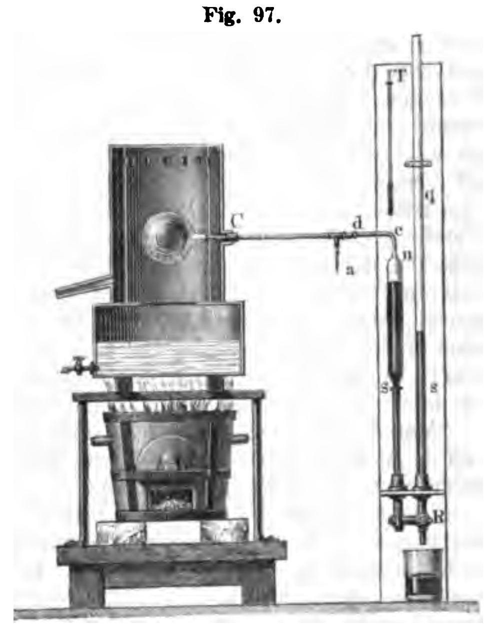
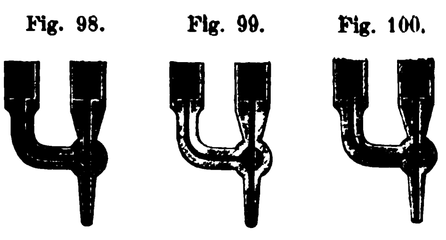


Fig. 98. Fig. 99. Fig. 100.



Mit steigender Temperatur verändert sich der Ausdehnungscoëfficient der Körper.

Der Ausdehnungscoëfficient aller Gase ist innerhalb gewisser Grenzen gleich. Derselbe wird nach folgender Methode bestimmt.

Der Apparat, Fig. 97, enthält einen Glasballon, der durch die enge Röhre Ccn mit dem aus zwei Röhren bestehenden Barometer, in dieser Form Manometer genannt, nRq, verbunden ist; bei R befindet sich ein Dreiweghahn. Man füllt zunächst den Ballon mit trockner Luft, indem man den Hahn R in die Stellung Fig. 98 bringt und bei a mit Hülfe einer Luftpumpe die Luft aus dem Ballon fortnimmt, alsdann getrocknete Luft wieder eintreten lässt. Ist der Ballon mit trockner Luft gefüllt, dann wird Quecksilber in das Manometer eingegossen, wobei R die Stellung Fig. 100 haben muss. Durch Umgeben des Ballons mit Schnee wird die Luft darin auf 0° C. gebracht, hierauf giesst man so viel Quecksilber in das Manometer, dass es bis n steht; alsdann wird a zugeschmolzen. Die Luft im Ballon von 0° C. befindet sich nun unter dem Druck einer Atmosphäre, da das Quecksilber in beiden Schenkeln des Manometers gleich hoch steht. Nun erwärmt man die Luft im Ballon auf eine beliebige Temperatur, dabei wird das Quecksilber in der Röhre cns sinken; um es wieder auf seinen ursprünglichen Stand bei n zu bringen, giesst man Quecksilber in den Schenkel; sobald das Quecksilber wieder bei n steht, misst man die Temperatur der Luft sowie die Höhe h zwischen der Stellung des Quecksilbers bei n und der Stellung im anderen Schenkel, in dem es natürlich höher stehen muss. Der Druck, unter dem die Luft im Ballon nun steht, ist $= b + h$, wenn b der Barometerstand und h der Höhenunterschied des Quecksilbers in beiden Schenkeln des Manometers ist. Aus diesen Daten lässt sich der Ausdehnungscoefficient berechnen.

Man kann übrigens auch so verfahren, dass man gemessene Luft sich ausdehnen lässt und den Zuwachs des Volumens misst. Dehnt sich die Luft im Ballon aus, so sinkt das Quecksilber bei n, man lässt alsdann, während R die Stellung, Fig. 99 hat, soviel Quecksilber ausfliessen, dass das Niveau in beiden Schenkeln gleich hoch, mithin die ausgedehnte Luft unter dem Druck einer Atmosphäre steht. Auch mit Hülfe dieser Daten kann man den Ausdehnungscoefficienten berechnen.

Wir haben vorher folgende Betrachtung anzustellen: Nach Gleichung XII, pag. 614, lässt sich das Volumen eines Gases bei b Druck berechnen, wenn dasselbe V bei B Druck ist. Die unter dem Druck b + h stehende Luft würde danach ein Volumen einnehmen, welches gleich ist

$$\text{XIII} \qquad V = \frac{v\,(b + h)}{b}$$

wo v das ursprüngliche Volumen und b den Barometerstand bedeutet. Das Volumen v hätte sich also bei der Temperaturerhöhung von 0° auf t°, um das $\frac{b + h}{b}$ fache vermehrt. Die-

ser Zuwachs ist gleich ($1 + \alpha t^0$), wo α den Ausdehnungscoefficienten der Luft bedeutet, da sich ein Volumen V zu dem ($1 + \alpha t^0$)fachen vergrössert. Oder wir sagen: Das Volumen v wird nach der Temperaturerhöhung auf t^0 gleich $v(1 + \alpha t^0)$ sein, also, da V dieses Volumen darstellt,

$$\text{XIV} \qquad V = v(1 + \alpha t^0).$$

Aus XIII und XIV wird

$$\frac{v(b + h)}{b} = v(1 + \alpha t^0)$$

oder

$$\text{XV} \qquad \frac{b + h}{b} = 1 + \alpha t^0,$$

woraus sich ergiebt:

$$\text{XVI} \qquad \alpha = \frac{h}{b\, t^0}.$$

Nach dem zweiten Verfahren kommt man zu demselben Werth von α, aber auf anderem Wege. Das ursprüngliche Volumen ist v, das Volumen nach geschehener Ausdehnung V; diese beiden Grössen stehen in dem Verhältniss zu einander, welches die folgende Gleichung darstellt, nämlich:

$$V = v(1 + \alpha t^0),$$

woraus sich ergiebt

$$\text{XVII} \qquad \alpha = \frac{V - v}{v\, t^0}.$$

Aus jeder der beiden Gleichungen XVI und XVII lässt sich α berechnen, da in einem Falle b und t^0, im anderen Falle V, v und t^0 bekannt sind.

Unter Berücksichtigung der Ausdehnung des Glases und der damit verbundenen Volumvergrösserung des Ballons werden die Formeln complicirter. Der Werth für α berechnet sich aus diesen letzteren zu

$$\alpha = 0{,}00367 = \frac{1}{273}.$$

Die Richtigkeit der Gleichung XIV erhellt aus folgender Betrachtung. Der Ausdehnungscoëfficient der Gase α ist das Verhältniss der zwei Volumina eines Gases bei einem Temperaturunterschied von 1° C. Ist v das Volumen bei 0°, v′ das Volumen bei 1° C., so ist $v' - v$ der Zuwachs, der zum ursprünglichen Volumen in einem Verhältniss steht, welches durch α ausgedrückt wird, also $\frac{v' - v}{v} = \alpha$; demnach ist

$$v' = v\alpha + v \text{ oder } v' = v + v\alpha \text{ oder } v' = v(1 + \alpha);$$

dieses v' ist das Volumen nach einer Temperaturerhöhung um 1° C., die Temperaturerhöhung um t° C. wird selbstverständlich eine andere sein. v' unterscheidet sich von v um $v\alpha$, oder der Zuwachs ist $v\alpha$ bei der Temperaturerhöhung um 1° C., $v\alpha t^0$ wird es sein bei einer Temperaturererhöhung um t°, folglich wird V, das Volumen bei t°, zu finden sein nach der Formel:

$$V = v + v\alpha t^0 \text{ oder } V = v(1 + \alpha t^0).$$

Reduction eines gefundenen Gasvolumens auf 0° C. und 760^{mm} Druck.

Es ist eine sehr häufige Aufgabe, welche durch diese Ueberschrift angedeutet wird. Man bedient sich zur Lösung derselben der Gleichungen $V = \frac{vp}{P}$ und $V = v(1 + \alpha t^0)$.

V sei ein Volumen, beobachtet bei b Barometerstand und t°. Reduciren wir zuerst auf den normalen Barometerstand von 760^{mm}, so erhalten wir den Werth aus der folgenden Gleichung, in der V' das Volumen bei 760^{mm} Barometerstand bedeutet.

$$\text{XVIII} \qquad V' = \frac{vb}{760}.$$

Dieses Volumen V' ist noch auf 0° zu reduciren. V'' bedeute dieses Volumen, dessen Grösse sich nun aus der Gleichung XIX ergiebt, nämlich

$$\text{XIX} \qquad V' = V''(1 + \alpha t^0).$$

Setzen wir in dieser Gleichung für V' den Werth aus Gleichung XVIII, so erhalten wir

$$\text{XX} \qquad \frac{Vb}{760} = V''(1 + \alpha t^0) \text{ oder } V'' = V \frac{b}{760(1 + \alpha t^0)}.$$

Die genannte Reduction wird die Reduction der Gasvolumina auf den Normalzustand genannt. Dieselbe ist stets dann vorzunehmen, wenn zwei Gasvolumina mit einander verglichen werden sollen.

Es mag hier noch bemerkt werden, dass die Allgemeinheit der Gleichung XX nur insoweit gilt, als die Gase dem Mariotteschen Gesetz folgen und der Ausdehnungscoëfficient α derselbe ist, was auch nur innerhalb gewisser Grenzen der Fall.

Specifische Wärme.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass es verschiedener Wärmemengen bedarf, um verschieden grosse Massen desselben Körpers um die gleiche Anzahl von Celsiusgraden zu erwärmen; man hat ferner gefunden, dass die Wärmequantitäten den Körperquantitäten bei gleichem Effecte proportional sind, dass also 2 Pfund Wasser doppelt so viel Wärme gebrauchen, um von 0° auf 100° C. erwärmt zu werden als ein Pfund. Dieser Satz ergiebt sich aus folgender Beobachtung.

Beim Mischen von einem Pfund Wasser von 80° C. mit einem Pfund Wasser von 0° C. entsteht eine Temperatur von 40° C. der beiden Pfunde Wasser. Man schliesst daraus, dass das 80° warme Wasser bei seiner Abkühlung um 40° C. gerade so viel Wärme abgab, als das kalte Wasser bedurfte, um auf 40° C. erwärmt zu werden. Man kann nun annehmen, dass das Wärmequantum, welches das warme Wasser bei seiner Abkühlung abgab, von ihm bei seiner Erwärmung aufgenommen worden war; man sieht also daraus, dass ein Pfund Wasser bei der Erwärmung von 0° auf 40° C. ebenso viel Wärme aufnimmt, als ein Pfund Wasser bei seiner Erwärmung von 40° auf 80° C. Vermischt man rasch zwei Pfund Wasser von 90° C. mit einem Pfund Wasser von 0° C., so erhält man drei Pfund Wasser, deren Temperatur 60° C. ist. Beide Pfunde warmen Wassers kühlen sich um 30° C. ab und dadurch wurde ein Pfund Wasser von 0° auf 60° C. erwärmt. Hieraus folgt, dass die Wärmemenge zur Erzielung desselben Effectes den Gewichtsmengen der erwärmten Substanz proportional ist, denn zwei Pfund geben so viele Wärme ab, dass kaltes Wasser eine doppelt so grosse Erwärmung erfahren konnte als ihre Abkühlung betrug; dass doppelt so viel Wärme dazu nöthig ist um Wasser von 0° auf 60° C. zu erwärmen, als zur Erwärmung auf 30° C., geht aus dem ersten Beispiel hervor.

Die Wärmemenge, welche erforderlich ist um denselben Effect hervorzubringen, ist bei verschiedenen Körpern sehr verschieden. Während gleiche Mengen Wasser von 0° und 80° C. eine Temperatur von 40° C. liefern, wird z. B. beim Mischen gleicher Mengen von Wasser und Terpentinöl eine Temperatur erzielt werden, die nicht in der Mitte liegt. Hat z. B. das Terpentinöl eine Temperatur von 80° C., das Wasser eine Temperatur von 9° C., so wird nach dem Mischen gleicher Gewichte eine Temperatur von 30° C. erzielt werden. Während sich also Terpentinöl um 50° C. abkühlte, erwärmte sich das Wasser nur um 21° C. Die Wärmemenge, welche Terpentinöl bei der Temperaturerniedrigung um

1 ° C. abgiebt, ist also $\frac{21}{50}$ derjenigen, welche eine gleiche Gewichtsmenge des Wassers bei der Temperaturerniedrigung um 1 ° C. abgiebt, und da die beim Erkalten um 1 ° C. abgegebene Wärmemenge ebenso gross angenommen wird, als die beim Erwärmen um 1 ° C. aufgenommene, so können wir sagen: Gleiche Gewichtsmengen Wasser und Terpentinöl gebrauchen zu einer gleichen Temperaturerhöhung Wärmemengen, welche im Verhältniss der Zahlen 1 und $\frac{21}{50}$ oder 0,42 stehen.

Die Wärmemenge, welche ein Körper bei einer bestimmten Temperaturerhöhung aufnimmt, ist constant; man nennt dieselbe seine specifische Wärme. Wenn man die specifische Wärme des Wassers mit 1 bezeichnet, so ist 0,42 die specifische Wärme des Terpentinöls.

Wir haben in Obigem das Princip der Bestimmung der specifischen Wärme entwickelt und können eine genauere Beschreibung der Methoden übergehen.

Es ist jedoch noch zu bemerken, dass die specifische Wärme keineswegs eine ganz constante Grösse ist, sondern bei verschiedenen Temperaturen schwankt. Im Allgemeinen ist die specifische Wärme der Körper bei höherer Temperatur grösser als bei niedriger. Aus folgender Tabelle ist die Veränderung der specifischen Wärme ersichtlich:

	Mittlere specifische Wärme	
	zwischen 0 ° u. 100 ° C.	zwischen 0 ° u. 300 ° C.
Eisen	0,1098	0,1218
Quecksilber	0,0330	0,0350
Zink	0,0927	0,1015
Antimon	0,0507	0,0549
Silber	0,0557	0,0611
Kupfer	0,0949	0,1013
Platin	0,0335	0,0355
Glas	0,1770	0,1900

Die specifische Wärme eines Körpers ist verschieden in verschiedenen Aggregatzuständen. Die specifische Wärme eines Körpers im flüssigen Zustande ist stets grösser, als diejenige desselben Körpers im festen Zustand.

Specifische Wärme der Gase. Die specifische Wärme gleicher Volumina verschiedener Gase ist gleich gross, nämlich gleich 0,23773. Die specifische Wärme gleicher Gewichte dagegen ist verschieden. Bedenkt man, dass in gleich grossen Räumen

verschiedener Gase verschiedene Gewichtsmengen enthalten sind, so hat diese Thatsache nichts Auffallendes. Man erhält durch Multiplication der Zahl 0,23773 mit den Moleculargewichten gasförmiger Körper Zahlen, welche unter einander in demselben Verhältniss stehen, wie die specifischen Wärmen gleicher Gewichtsmengen der gasförmigen Körper.

Die specifische Wärme hat zweierlei Wirkung, sie bewirkt nämlich sowohl eine Ausdehnung als auch eine Erwärmung der Körper. Bei den festen und flüssigen Körpern, wo die Ausdehnung eine sehr geringe ist, hat dieselbe einen so geringen Einfluss, dass sie vernachlässigt werden kann. Bei den Gasen ist innerhalb gewisser Grenzen die Ausdehnung gleicher Volumina gleich gross; dieselbe wird also auch bei der Bestimmung der spec. Wärme gleicher Volumina verschiedener Gase ohne Einfluss sein; dieselbe ist aber so gross, dass es einen wesentlichen Unterschied bedingt, ob man einem Gase die Ausdehnung bei seiner Erwärmung gestattet und dann die verbrauchte Wärmemenge bestimmt oder nicht.

Die specifische Wärme der Gase bei constantem Druck (also unter der Bedingung, dass die Ausdehnung möglich ist) ist verschieden von der specifischen Wärme der Gase bei constantem Volumen. Letztere wird kleiner sein, weil die eigentliche Ausdehnungswärme nicht verbraucht wird. Das Verhältniss der specifischen Wärme der Gase bei constantem Druck und bei constantem Volumen ist wie 1,421 : 1. Nennen wir c die specifische Wärme der Gase bei constantem Druck und c' diejenige bei constantem Volumen, so ist $\frac{c}{c'} = 1,421$.

Beziehungen zwischen der specifischen Wärme und dem Atom- und Moleculargewicht der Körper.

Multiplicirt man die specifische Wärme vieler Elemente mit den Atomgewichten derselben, so erhält man immer dieselbe Zahl. In folgender Tabelle sind einige Elemente mit ihrer jeweiligen specifischen Wärme und ihrem Atomgewichte aufgezählt. Das Product der specifischen Wärme in das Atomgewicht wird Atomwärme genannt.

Namen der Elemente.		Atomgewicht, A.	Specifische Wärme, W.	Atomwärme Aw.
Silber	Ag	108	0,0560	6,05
Aluminium	Al	27,4	0,2143	5,87
Arsen	As	75	0,0814	6,11
Gold	Au	197	{0,0324	{6,38
—	—	—	{0,0298	{5,88
Wismuth	Bi	210	0,0288	6,05
Kadmium	Cd	112	0,0542	6,07
Kobalt	Co	58,8	0,1067	6,27
Kupfer	Cu	63,4	0,0952	6,04
Eisen	Fe	56	0,1120	6,27
Quecksilber	Hg	200	0,0319	6,38
Kalium	K	39,1	0,1655	6,47
Lithium	Li	7	0,9408	6,59
Magnesium	Mg	24	0,2450	5,88
Natrium	Na	23	0,2934	6,75
Blei	Pb	207	0,0315	6,52
Platin	Pt	198	0,0325	6,42
Schwefel	S	32	0,1630	5,22
Antimon	Sb	122	0,0523	6,38
Zinn	Sn	118	0,0548	6,46
Zink	Zn	65,2	0,0932	6,08

Diese Regelmässigkeit hat man bei der Feststellung der Atomgewichte verwerthet. Die Atomgewichte von Silber, Kalium und Natrium stimmen mit ihren Aequivalentgewichten überein und schliessen sich in diesem Falle jene Elemente bezüglich ihrer Atomwärme den meisten anderen Elementen an. In der Einleitung zur zweiten Abtheilung sind die Atomgewichte aller Elemente mit Ausnahme derer der drei soeben genannten Elemente bestimmt. Die specifische Wärme bietet uns also ein Mittel, die Atomgewichte auch dieser Elemente festzustellen.

Eine entschiedene Ausnahme von dieser Regel machen die Elemente Bor, Kohlenstoff, Silicium, Phosphor, wahrscheinlich auch Schwefel, denn die Atomwärme dieser Körper ist halb so gross, als die Atomwärme der anderen Elemente oder deren dritter oder vierter Theil.

Die Bestimmung des Atomgewichts aus der specifischen Wärme ist ebenfalls nicht sehr genau, und kann jene Regelmässigkeit überhaupt nur dazu benutzt werden um festzustellen, ob das Atomgewicht ebenso gross ist als das Aequivalentgewicht oder doppelt so gross. Die chemischen Analysen der

Verbindungen der Elemente liefern genauere Zahlen als die Bestimmung der specifischen Wärme, wie sich aus den nicht unbeträchtlichen Abweichungen von der Regelmässigkeit ergiebt, sowie ferner aus dem Umstand, dass die festen Körper in verschiedenen Zuständen ganz verschiedene spec. Wärmen haben. Die specifischen Wärmen des Eisens als Gusseisen, Stahl und Stabeisen sind z. B. ganz verschieden. Die specifischen Wärmen des Kohlenstoffs als Diamant, Graphit und Kienruss sind sehr verschieden. Dieselben sind:

Kohlenstoff als Diamant	0,1469
„ natürlicher Graphit	0,2020
„ Holzkohle	0,2410.

Die specifische Wärme vermindert sich also mit der Zunahme des specifischen Gewichtes.

Die Atomwärmen von Verbindungen solcher Elemente, die sich der Regelmässigkeit anschliessen, ist gleich nw, wo n die Anzahl der vorhandenen Atome und w die mittlere Atomwärme aller jener Elemente bedeutet; w wird gleich 6,4 gesetzt.

Als Beispiele des Gesagten mögen folgende Verbindungen angeführt sein.

	Molecular-gewicht.	Specifische Wärme.	Atomwärme.
Ag_2S	248	0,0746	18,5
Cu_2S	158,8	0,1212	19,2
SnS	150	0,0837	12,6
FeS	88	0,1357	11,9

Die wirkliche Atomwärme weicht von der nach der Formel W = nw berechneten um so mehr ab, je mehr Atome solcher Elemente in der Verbindung enthalten sind, welche sich der Regelmässigkeit nicht anschliessen.

Es lassen sich nun aus den gefundenen Atomwärmen der Verbindungen solcher Elemente, deren Atomwärme für den festen Zustand nicht durch den Versuch festgestellt werden kann, diese Atomwärmen berechnen, indem man von der mittleren Atomwärme einer Anzahl analoger Verbindungen desselben Elementes die Atomwärme der anderen Bestandtheile abzieht.

Kupferoxyd hat die Atomwärme 10,2; zieht man hiervon die Atomwärme des Kupfers 6,4 ab, so bleibt 3,8 als die Atomwärme des festen Sauerstoffs. Manganhyperoxyd hat die Atomwärme 13,4, zieht man hiervon die Atomwärme 6,4 ab, so bleibt 7 als die specifische Wärme zweier Atome Sauerstoff, mithin 3,5 als

die Atomwärme des Sauerstoffs. Die Atomwärme des Antimonoxyds, $Sb_2Θ_3$, ist 26,1, hiervon zieht man ab 2 . 6,4, für zwei Atome Antimon, es bleiben 13,3, woraus sich durch Division mit 3 die Atomwärme des Sauerstoffs ergiebt, zu 4,4. In ähnlicher Weise lassen sich die Atomwärmen sämmtlicher Elemente berechnen. Man erhält hierbei folgende Zahlen:

Ag, Al, As, Au, Ba, Bi, Br, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, J, K, Li, Mg, Mn, Mo, N, Na, Ni, Pb, Pt, Sb, Sn, Sr, W, Zn = 6,4.

S = 5,4; P = 5,4; Fl = 5; Θ = 4; Si = 3,8; Bo = 2,7; H = 2,3; C = 1,8.

Die Formel $n w + m w^{I} + o w^{II} + p w^{III} + q w^{IV} + r w^{V} \dots$ gestattet die Berechnung der Atomwärme aller Verbindungen. Nach dieser Formel sind die Atomwärmen der in der Tabelle unten aufgezählten Verbindungen bestimmt. Als Beispiel für die Berechnung wollen wir schwefelsaures Kali nehmen. Für die Formel

$K_2SΘ_4$ ist $n = 2$, $w = 6{,}4$; $m = 1$, $w^{I} = 5{,}4$ und $o = 4$, $w^{II} = 4$; n, m und o sind die Anzahlen der Atome Kalium, Schwefel und Sauerstoff, und w, w^{I}, w^{II} die Atomwärmen dieser Elemente; setzt man diese Werthe in die obige Formel ein, so erhält man: $2 . 6{,}4 + 1 . 5{,}4 + 4 . 4 = 34{,}2$ als die Atomwärme des schwefelsauren Kalis. Da die Atomwärme gleich A . w (pag. 644) ist, so findet man die specifische Wärme, wenn man die Atomwärme durch das Atomgewicht oder (Moleculargewicht bei Verbindungen) dividirt; so sind die spec. Gewichte in der Tabelle berechnet.

Formel der Verbindung.	Moleculargewicht.	Atomwärme berechnet.	Spec. Wärme berechnet.	Spec. Wärme beobachtet.
$K_2CΘ_3$	138,2	26,6	0,192	0,216
$BaCΘ_3$	197	20,2	0,103	0,108
$CaCΘ_3$	100	20,2	0,202	0,203
$K_2SΘ_4$	174,2	34,2	0,196	0,190
$(NH_4)_2SΘ_4$	132	52,6	0,241	0,231
$CuSΘ_4$	159,4	27,8	0,174	0,184
$MgSΘ_4$	120	27,8	0,232	0,222
$CuSΘ_4 + H_2Θ$	177,4	36,4	0,205	0,202
$MgSΘ_4 + H_2Θ$	138	36,4	0,264	0,264
$CaSΘ_4 + 2H_2Θ$	172	45	0,262	0,273
$ZnSΘ_4 + 2H_2Θ$	197,2	45	0,228	0,224
$AlK(SΘ_4)_2 + 12H_2Θ$	201,2	56,8	0,282	0,264

Formel der Verbindung.	Molecular-gewicht.	Atomwärme berechnet.	Spec. Wärme berechnet.	Spec. Wärme beobachtet.
KNO_3	101,1	24,8	0,245	0,239
$AgNO_3$	170	24,8	0,146	0,144
$NaNO_3$	85	24,8	0,292	0,278
$KClO_3$	122,6	24,8	0,202	0,210
$KMnO_4$	158,1	28,8	0,182	0,179
$Hg(CN)_2$	252	22,8	0,091	0,100
$Fe(CN)_2 + 4KCN + 3H_2O$	422,4	107,0	0,253	0,280

Aus dieser Zusammenstellung erhellt die Richtigkeit der angegebenen berechneten Atomwärmen.

Veränderungen des Aggregatzustandes der Körper.

Den Uebergang der Körper aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand nennt man das Schmelzen. Das Schmelzen der Körper wird durch Zufuhr von Wärme bewirkt. Ein Körper ist um so leichter schmelzbar, je geringer die Erhöhung der Temperatur zu sein braucht, um denselben zum Schmelzen zu bringen. Es ist daher auch die Angabe des Aggregatzustandes eines Körpers nur mit Rücksicht auf eine bestimmte Temperatur zu machen. Wir nennen Körper fest, welche bei gewöhnlicher mittlerer Jahrestemperatur fest sind; flüssig dagegen solche, welche bei dieser Temperatur flüssig sind; auch die Bezeichnung „gasförmig" gilt nur mit Rücksicht auf diese Temperatur.

Der Uebergang eines Körpers aus dem flüssigen Aggregatzustand in den festen, das Erstarren, wird durch Entziehung von Wärme bewirkt.

Die Temperatur, bei welcher ein Körper schmilzt, wird sein Schmelzpunkt genannt, die Erstarrungstemperatur eines Körpers wird Erstarrungspunkt genannt.

Schmelzpunkt und Erstarrungspunkt sind feste Punkte, welche bei einem und demselben Körper in der Regel zusammenfallen.

Der Uebergang eines Körpers aus dem flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand heisst Verflüchtigung oder Verdampfung und umgekehrt der Uebergang aus dem gasförmigen in den flüssigen Zustand Verdichtung.

Die Verflüchtigungs- oder Verdampfungstemperatur einer Flüssigkeit wird ihr Siedepunkt genannt, die Verdichtungstemperatur der Verdichtungspunkt; Siedepunkt und Verdichtungspunkt sind feste Punkte und bei einem und demselben Körper fallen dieselben in der Regel zusammen.

Die meisten Körper verändern beim Schmelzen ihr Volumen; meistens dehnen sie sich aus. Das Eis macht eine Ausnahme, da es beim Schmelzen sein Volumen verkleinert; daher schwimmt Eis auf Wasser. Bei ihrer Verflüchtigung dehnen sich die Körper sehr beträchtlich aus.

Obgleich zwar der Siedepunkt einer Flüssigkeit eine constante Lage hat, so geben doch alle Flüssigkeiten bei weit unter ihrem Siedepunkte liegenden Temperaturen schon Dämpfe aus; sie verflüchtigen sich von der Oberfläche aus und die so entstehenden Dämpfe üben einen bestimmten Druck aus, den man Tension oder Spannkraft nennt. Die Tension eines Dampfes ist abhängig von der Temperatur. Je höher die Temperatur, desto grösser ist auch die Tension des Dampfes einer Flüssigkeit, bis beim Siedepunkt der Flüssigkeit die Tension dem Atmosphärendruck das Gleichgewicht hält.

Es werden demnach die Dämpfe niedrig siedender Körper eine bedeutendere Tension haben, als diejenigen höher siedender.

Fig. 101.



$\frac{1}{14}$

Bei jeder Temperatur haben die Dämpfe ein Maximum der Spannung, welches durch Pressung derselben erreicht wird; findet eine Abkühlung statt, sobald ein Dampf das Maximum seiner Spannung erreicht hat, so beginnt die Verflüssigung des Dampfes in dem Maasse, dass ebenso viel Dampf erhalten bleibt, als zum Wiedereintritt der Maximalspannung genügt, welche der niederen Temperatur entspricht. Beim Siedepunkt einer Flüssigkeit ist die Maximalspannung ihres Dampfes gleich einem Atmosphärendruck.

Danach wird der Siedepunkt einer Flüssigkeit beeinflusst durch den auf der Flüssigkeit lastenden Druck. Eine Verstärkung des Luftdrucks bewirkt eine Erhöhung des Siedepunktes, die Verminderung des Druckes eine Erniedrigung des Siedepunktes.

Es mögen einige Versuche beschrieben werden, um das Gesagte zu erläutern.

Fig. 101 stellt drei Röhren dar, welche mit Quecksilber gefüllt und unter Quecksilber abgesperrt sind; in allen dreien befinden sich

Toricelli'sche leere Räume von gleicher Grösse. Das Quecksilber stehe in allen dreien bis c. Bringt man nun mittelst einer Pipette, deren Spitze umgebogen ist, einige Tropfen Aether in die Röhre b', so werden dieselben im Quecksilber aufsteigen und sich auf der Oberfläche des Quecksilbers, eine kleine Schicht ct bildend, ansammeln; alsbald beginnt jedoch ein Sinken des Quecksilbers in dieser Röhre, bis es unten die Stellung der Röhre b'' angenommen hat; es sinkt bis s. Die Depression von c nach s rührt nun daher, dass sich Aetherdampf gebildet hat, der einen Druck ausübt, welcher einer Quecksilbersäule von der Höhe sc das Gleichgewicht hält.

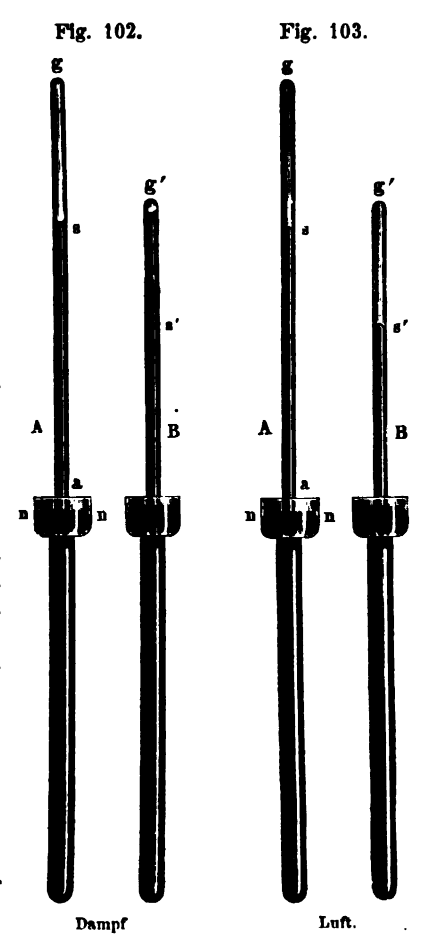


Fig. 102. Dampf

Fig. 103. Luft.

Hat man den Apparat so eingerichtet (wie es Fig. 104 darstellt), dass man die Röhre mit dem Aetherdampfe tiefer in das Quecksilber eintauchen kann, wodurch der Druck auf den Aetherdampf vergrössert wird, so kann man wahrnehmen, dass nach dem Einsenken der Röhre in das Quecksilber, wie es Fig. 102 darstellt, der Aetherdampf vollständig zur Flüssigkeit geworden ist. Der Aetherdampf hatte bei der Stellung g der Röhre Fig. 102 das Maximum der Spannung erreicht; sobald derselbe gepresst wird, wie es beim Einsenken zur Stellung g' Fig. 102 geschieht, wird er sich verdichten müssen. Ganz anders verhalten sich wirkliche Gase. Bringt man in eine Röhre g, Fig. 103, statt Aetherdampf Luft und senkt diese Röhre zur Stellung g' in das Quecksilber, so wird zwar der Raum s'g' kleiner sein als sg, aber das Quecksilber wird auch eine merkliche Depression erfahren haben. Die Volumverminderung sg auf s'g' erfolgt nach Maassgabe des Mariotte'schen Gesetzes, welchem die Luft bei dieser Temperatur gehorcht.

Fig. 104.



Wir haben in diesem Verhalten einen wichtigen Unterschied der Dämpfe von den Gasen kennen gelernt. Dämpfe gehen in Gase über, wenn sie stärker erhitzt werden; wir können daher von vollkommenen und unvollkommenen Gasen sprechen.

Wir nennen vollkommene Gase alle diejenigen, welche dem Mariotte'schen Gesetz gehorchen und deren Ausdehnungscoefficient $= \frac{1}{273}$ ist; alle anderen Gase sind unvollkommene Gase.

Vollkommene Gase können durch Abkühlung und Druck in unvollkommene Gase verwandelt werden und nähern sich dann in ihrem Verhalten den Dämpfen. Dämpfe oder unvollkommene Gase können umgekehrt durch Temperaturerhöhung in vollkommene Gase verwandelt werden.

Das Chlor ist z. B. bei gewöhnlicher Temperatur ein unvollkommenes Gas und erreicht diesen Zustand erst bei 100° C.

Einfluss des Drucks auf den Siedepunkt einer Flüssigkeit. Die Temperatur, bei welcher die Spannkraft der Dämpfe, welche sich aus einer Flüssigkeit entwickeln, gleich dem Atmosphärendruck ist, nennt man den Siedepunkt der Flüssigkeit. Bei dieser Temperatur ist die Dampfbildung eine sehr reichliche und

von einer Bewegung der ganzen Flüssigkeit begleitet. Die Flüssigkeit geräth bei dieser Temperatur ins Kochen. Die Temperatur wird selbstverständlich um so höher sein, je höher der Atmosphären- oder der andere Druck ist, der überwunden werden muss, da die Spannkraft der Dämpfe bei höherer Temperatur höher ist als bei niedriger.

Unter einem Atmosphärendruck von 760^{mm} siedet das Wasser bei 100° C., bei schwächerem Druck liegt der Siedepunkt niedriger und bei höherem Druck höher.

Ein anschaulicher Versuch ist folgender. Man erhitzt in einem Kolben Wasser zum Sieden, verjagt die Luft aus dem Kolben und verschliesst, nachdem der ganze Raum über der Flüssigkeit mit Dampf angefüllt ist, luftdicht mit einem Korke. Kühlt man hierauf den Theil des Kolbens rasch ab, welchen die Flüssigkeit nicht erfüllt, so verdichtet sich der darin enthaltene Wasserdampf, es entsteht ein leerer Raum, der Druck auf der Flüssigkeit wird sehr klein, in Folge dessen beginnt die Flüssigkeit von Neuem zu sieden, obgleich die Temperatur derselben eine viel niedrigere ist als vorher.

Da der Siedepunkt einer Flüssigkeit mit der Verstärkung des Druckes steigt, so kann man eine Flüssigkeit weit über ihren normalen Siedepunkt, d. h. den Siedepunkt bei 760^{mm} Druck, erhitzen, wenn man nur den Druck entsprechend verstärkt.

Erhitzt man Wasser in einem Kessel, der als einzige Oeffnung ein Loch von einem Quadratcentimeter Fläche hat, welches durch ein Ventil verschlossen ist, das mit einem Kilogramm belastet ist, so wird das Wasser weit über 100° C. erhitzt werden können, ohne ins Sieden zu gerathen; es wird erst zu sieden beginnen, wenn eine Temperatur von 121,4° C. erreicht ist, bei welcher Temperatur nämlich die Tension des Wasserdampfes gross genug ist, um dem Druck einer Atmosphäre plus der Belastung von einem Kilogramm auf ein Quadratcentimeter das Gleichgewicht zu halten.

Fig. 105 stellt einen Apparat dar, welcher einen solchen Versuch auszuführen gestattet. Man nennt einen solchen Kessel P a p i n i a n i s c h e n T o p f oder D i g e s t o r, nach dem Erfinder P a p i n.

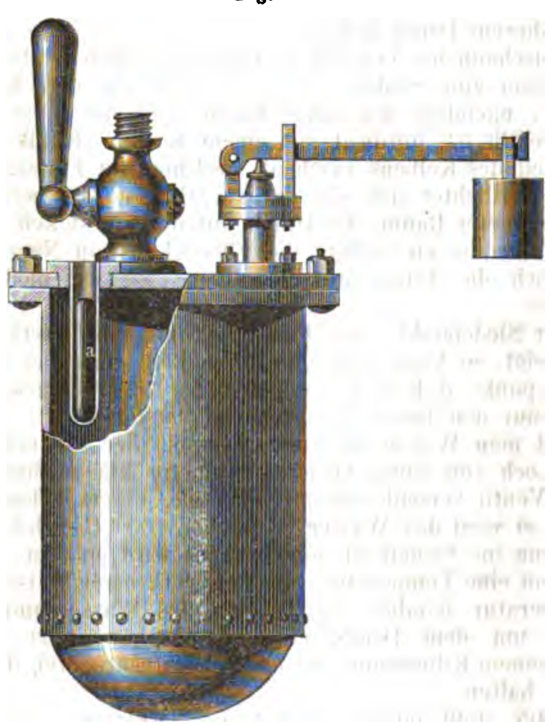
In einem Apparat, in welchem eine hohe Wassersäule erhitzt wird, siedet das Wasser am Boden des Gefässes erst bei viel höherer Temperatur als an der Oberfläche, weil das am Boden befindliche Wasser nicht allein den Atmosphärendruck, sondern auch den Druck der ganzen Wassersäule, welche auf ihm lastet, zu tragen hat.

In der Praxis macht man mancherlei Anwendung von dieser Eigenschaft der Körper. Schwer flüchtige Substanzen, welche bei

höherer Temperatur sich leicht zersetzen, destillirt man häufig unter niederem Druck, indem man den Destillationsapparat mit einer Luftpumpe verbindet. Verdünnt man die Luft über der zu destillirenden Flüssigkeit, so vermindert man den Druck, der auf derselben lastet und erniedrigt dadurch den Siedepunkt.



Fig. 105.

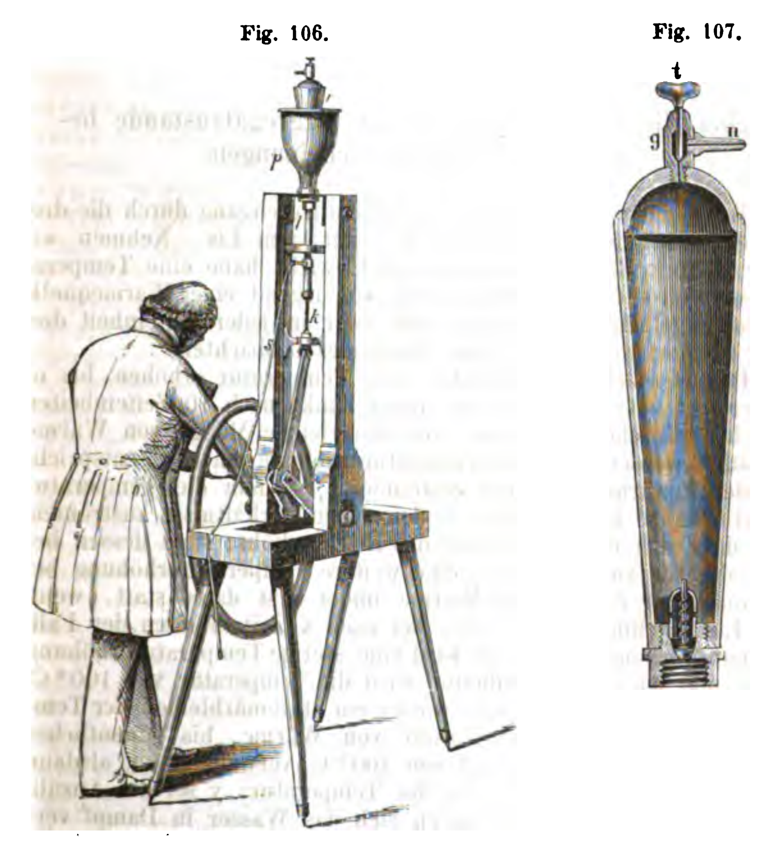


Andererseit erreicht man durch Erhöhung des Siedepunkts eine beträchtlichere Spannkraft, und wo es sich, wie bei Dampfmaschinen, um diese letztere handelt, lässt man Wasser unter höherem Drucke sieden. Ferner finden chemische Einwirkungen häufig bei Temperaturen statt, welche höher sind als der Siedepunkt der betreffenden Substanzen. Um die Verflüchtigung derselben zu vermeiden, schliesst man dieselben in Gefässe ein, in welchen ein so starker Druck hervorgebracht werden kann, dass die betreffenden Flüssigkeiten erst bei solchen Temperaturen sieden, wo ihre chemische Reaction auf einander stattfindet.

Verflüssigung der Gase.

Durch Druck können Gase verflüssigt werden. Das Gleiche kann erreicht werden, wenn man statt des Druckes Kälte anwendet. Da sich Gase ebenso verhalten wie Dämpfe, und Dämpfe durch Abkühlung zu Flüssigkeiten verdichtet werden können, so hat die Thatsache nichts auffallendes, dass Gase durch Abkühlung verflüssigt werden können. Eine gleichzeitige Anwendung beider Agentien ermöglicht die rasche Verflüssigung von Gasen. Fig. 106

Fig. 106. Fig. 107.



stellt einen sehr passenden Apparat zur Verflüssigung vieler Gase dar. Derselbe ist von Natterer in Wien construirt und besteht im Wesentlichen aus einer Pumpe, deren Stiefel l und deren Kolben k ist, welcher durch das Triebrad an der Seite in Bewegung gesetzt wird; durch den Schlauch s wird das betreffende Gas zu k geleitet und durch die Pumpe wird es in die schmiedeeiserne Flasche r,

welche sich in einem zur Aufnahme von Eis bestimmten Gefässe p befindet, eingepresst. Die nähere Einrichtung der schmiedeeisernen Flasche r ist aus der Zeichnung Fig. 107 zu ersehen. Dieselbe hat am Boden ein gut schliessendes, von aussen zu öffnendes Ventil, ferner trägt sie einen Aufsatz g, welcher mit einer Spitze n versehen ist und an dem die Schraube t angebracht ist. Schraubt man diese hinein, so verschliesst sie den Kanal, welcher die Spitze n mit dem Inneren der Flasche verbindet.

Der Apparat wird hauptsächlich zum Verdichten der Kohlensäure angewendet.

Ueber die bei Veränderung der Aggregatzustände beobachteten Wärmeerscheinungen.

Verfolgen wir das Wasser bei seinem Durchgang durch die drei Aggregatzustände und beginnen wir mit dem Eis. Nehmen wir an, ein Stück Eis von 1 Kilogramm Gewicht habe eine Temperatur von — 10° C.; demselben werde von irgend einer Wärmequelle Wärme regelmässig zugeführt und zwar in jeder Zeiteinheit dieselbe Menge; wir werden dann Folgendes beobachten.

Das Eisstück wird zunächst seine Temperatur erhöhen, bis es 0° erreicht hat; gesetzt es sei dieser Punkt nach 10 Zeiteinheiten erreicht, während deren ihm stets die gleiche Menge von Wärme zugeführt worden ist. Die Temperaturerhöhung um 1° C. entspricht also der Erwärmung in der Zeiteinheit; ist nun die Temperatur 0° erreicht, so kann Wärme in demselben Verhältnisse zuströmen, ohne dass sich die Temperatur des Eises erhöht; statt dessen beginnt das Eis zu schmelzen; eine weitere Temperaturerhöhung bei gleichmässiger Zufuhr von Wärme findet erst dann statt, wenn alles Eis geschmolzen ist; dies sei nach x Zeiteinheiten der Fall. Das nun vorhandene Wasser wird eine stetige Temperaturerhöhung zeigen und nach a Zeiteinheiten wird die Temperatur von 100° C. erreicht sein. Es beginnt nun wieder ein Stationärbleiben der Temperatur bei gleichmässiger Zufuhr von Wärme, bis sämmtliches Wasser von 100° C. in Dampf von 100° C. verwandelt ist, alsdann beginnt auch hier das Steigen der Temperatur; y sei die Anzahl der Zeiteinheiten, während deren sich das Wasser in Dampf verwandelt hat und b die Anzahl der Zeiteinheiten, während deren sich der Dampf von 100° C. auf 200° C. erwärmt hat. Die Zahlen 10, a und b stehen im Verhältniss wie $10\ w : 100\ w' : 100\ w''$, wo w die specifische Wärme des Eises, w' diejenige des Wassers (= 1) und w'' diejenige des Dampfes bedeutet.

Die Grössen x und y stehen zu a und b ebenfalls in einem bestimmten unverrückbaren Verhältniss. Diese Grössen a, b, x und

y sind für jede Substanz Zahlen, welche specifische Eigenschaften ausdrücken. Sie sind bei dieser Betrachtung wegen der einfacheren Vorstellung als Zeitgrössen dargestellt, sind aber in Wirklichkeit Grössen, welche Wärmequantitäten repräsentiren.

Wir sehen aus dieser Beobachtung, dass die Körper bei ihrem Uebergange aus einem dichteren in einen weniger dichten Aggregatzustand, also bei ihrem Uebergange aus dem festen in den flüssigen, aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand, Wärme aufnehmen, die nicht als Temperaturerhöhung oder als fühlbare Wärme zum Vorschein kommt. Diese Wärme wird die latente Schmelzwärme und die latente Verdampfungswärme genannt, oder, da sie von den Flüssigkeiten oder Dämpfen aufgenommen wurde, latente Wärme der Flüssigkeit und latente Wärme des Dampfes.

Die latente Wärme des Wassers ist diejenige Wärmemenge, welche das Eis bei seiner Verwandlung in Wasser aufnimmt.

Die latente Wärme des Wasserdampfes ist diejenige Wärmemenge, welche das Wasser bei seinem Uebergange in Wasserdampf aufnimmt.

Bei der Verwandlung der Körper aus einem weniger dichten Zustand in einen dichteren Zustand kommt die latente Wärme zum Vorschein, sie wird frei.

Mit Hülfe dieser Thatsache ist man leicht im Stande, die latente Wärme von Flüssigkeiten und Gasen, also die Factoren x und y, zu bestimmen.

Bestimmung der latenten Wärme.

Wenn man im Stande ist die Wärmemenge zu bestimmen, welche eine bestimmte Gewichtsmenge einer Flüssigkeit beim Uebergang in den festen Zustand abgiebt, oder wenn man die Erwärmung bestimmen kann, welche eine gewisse Quantität Wasser erfährt, wenn sich der Dampf irgend eines Körpers verdichtet und zwar unter solchen Bedingungen, dass die hierbei freiwerdende Wärme vollständig an das Wasser abgegeben wird, so kann man die latente Wärme der betreffenden Flüssigkeit oder des betreffenden Dampfes messen.

Wir wollen zuerst noch die Erscheinungen etwas genauer kennen lernen, welche bei der Bestimmung der latenten Schmelz- und Verdunstungswärme zu beobachten sind.

Wärmeentwicklung beim Erstarren von Flüssigkeiten. Es ist eine höchst interessante Thatsache, dass Wasser

auf eine Temperatur von — 10° C. abgekühlt werden kann, ohne zu Eis zu werden, wenn man jede Erschütterung desselben vermeidet. Wenn man Wasser in einem luftleeren Raume abkühlt, so bleibt es leicht flüssig; seine Temperatur kann weit unter Null gebracht werden. Sobald man jedoch irgend einen Gegenstand mit dem Wasser in Berührung bringt, so erstarrt dasselbe zu Eis, während die Temperatur auf 0° C. steigt. Jede Erschütterung bewirkt momentane Eisbildung.

Uebersättigte Lösungen verhalten sich ähnlich. Glaubersalz giebt leicht übersättigte Lösung. Löst man etwas mehr Glaubersalz in kochendem Wasser auf, als das Wasser in der Kälte zu lösen vermag, und lässt die Lösung langsam und in völliger Ruhe erkalten, so krystallisirt kein Salz aus; sobald man jedoch einen Krystall von Glaubersalz in diese übersättigte Lösung hineinwirft, beginnt die Krystallausscheidung, es tritt aber auch gleichzeitig eine bemerkbare Wärme auf. Ueberhaupt wenn flüssige Körper rasch erstarren, kann man selbst bei kleinen Mengen die Wärmeentwicklung durch das Gefühl wahrnehmen. Die so erzeugte Wärme nennt man Erstarrungswärme.

Eine Erscheinung, welche das Gebundenwerden von Wärme beim Uebergang aus einem weniger dichten Aggregatzustand deutlich zeigt, ist die rasche Verdunstung. Man kann sich leicht davon überzeugen, dass Wärme gebunden wird oder Kälte entsteht, wenn Flüssigkeiten verdunsten, indem man eine leicht flüchtige Flüssigkeit, wie Alkohol oder Aether, auf der Hand rasch verdunsten lässt; man wird dann deutlich eine Abkühlung verspüren. Die zur Verwandlung der betreffenden Flüssigkeit in Dampf nöthige Wärme wird den Körpern, die sich in der Nähe der verdampfenden Flüssigkeit befinden, entzogen, weshalb diese eine Temperaturerniedrigung erfahren.

Man macht von dieser Eigenschaft der Körper Anwendung zur Darstellung der festen Kohlensäure. Wenn man in der schmiedeeisernen Flasche, Fig. 107, flüssige Kohlensäure gemacht hat und den Schraubenhahn t öffnet, während man die Flasche umgekehrt, also die Schraube nach unten, hält, so wird durch den in der Flasche herrschenden Druck flüssige Kohlensäure durch die freie Oeffnung n ausgetrieben. Die ausströmende Kohlensäure wird im Moment ihres Austritts aus der Flasche von dem hohen Druck entlastet, der ihren Aggregatzustand bedingt; sie wird daher gasförmig werden, aber nur zum Theil, denn die sich verflüchtigende Kohlensäure nimmt von der noch flüssigen Kohlensäure und aus der umgebenden Luft so viel Wärme auf, dass eine Temperatur von noch weniger als — 80° C. entsteht; bei dieser Temperatur ist aber die Kohlensäure fest. Man kann die feste Kohlensäure sammeln, wenn man die ausströmende flüssige Kohlen-

säure in ein blechernes Gefäss, Fig. 108, durch die Oeffnung d eintreten lässt. Dieses Gefäss besteht aus zwei Theilen, A B und C D; C D kann bis zum horizontalen Ringe in A B eingeschoben werden; durch Schliessen, von denen in der Zeichnung nur eine, a b, zu sehen ist, können beide Theile fest mit einander verbunden werden. In den Wandungen des Gefässes sind oben und unten einige kleine Löcher, um der gasförmigen Kohlensäure bequemen Austritt zu gestatten. In dieser Blechkapsel sammelt sich feste Kohlensäure an, wenn man in oben beschriebener Weise flüssige Kohlensäure in dieselbe einströmen lässt.

Fig. 108.





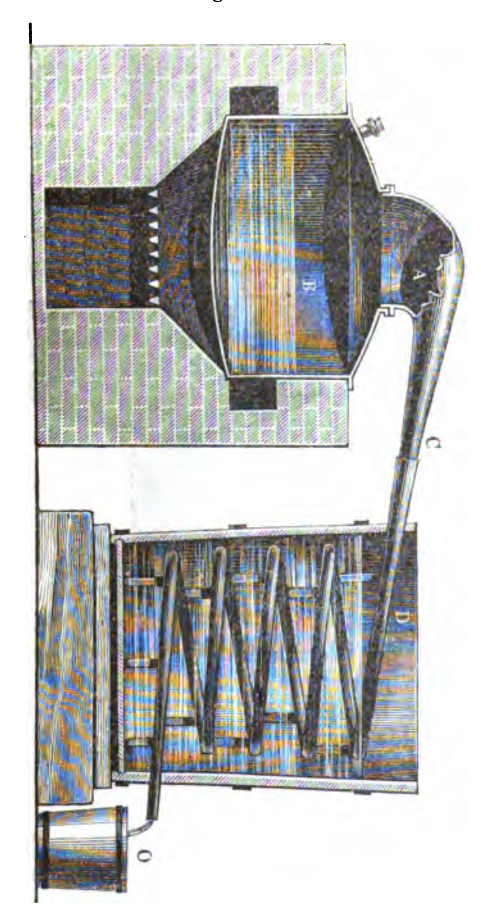
Bei der Destillation macht man stets die Beobachtung, dass zur Verdichtung der Dämpfe Wärmeentziehung oder Abkühlung nöthig ist, oder man bemerkt, dass sich das Kühlwasser der Destillationsapparate erwärmt. Eine Destillation ist die Verflüchtigung einer Flüssigkeit und Wiederverdichtung des gebildeten Dampfes in einem anderen Gefässe, wobei man die Dämpfe aus dem ersten in das zweite Gefäss zu leiten hat. Man bedient sich zur Destillation einer sehr grossen Anzahl verschiedenartiger Apparate, da für jede Art von Destillation eigens construirte Apparate am praktischsten sind.

Fig. 109 stellt einen Destillationsapparat dar, dessen Einrichtung das Princip, welches bei den Destillationen angewandt wird, in einfacher Weise und vollständig zeigt.

In dem Kessel B wird die Flüssigkeit erwärmt, ihre Dämpfe gehen durch den Helm A und die Röhre C in das Schlangenrohr, welches sich im Kühlfasse D befindet; in diesem Schlangenrohr werden sie wieder zur Flüssigkeit verdichtet. Man giebt dem Schlangenrohr, welches als Kühlrohr dient, diese Form, um die Dämpfe einen langen Weg durch ein Gefäss mit kalten Wänden machen zu lassen, wobei sie die Abkühlung erfahren, welche zu ihrer Verdichtung nothwendig ist. Die verdichtete Flüssigkeit fliesst bei O aus.

In anderen Apparaten giebt man der Kühlvorrichtung eine andere Form. Die Liebig'schen Kühler bestehen im Wesent-

Fig. 109.



lichen aus zwei Röhren, einer weiteren und einer engeren, welche in einander gesteckt werden, wobei die Einrichtung so getroffen ist, dass durch den Raum zwischen den Wandungen beider Röhren kaltes Wasser durchfliessen kann. Es ist nothwendig, dass man das Kühlwasser oft erneuere, da dasselbe durch den sich verdichtenden Dampf erwärmt wird; es nimmt sämmtliche Wärme dieses Dampfes, also auch seine latente Wärme, auf.

Bestimmung der latenten Wärme der Flüssigkeiten. Wenn man ein Kilogramm Eis von 0° mit warmem Wasser vermischt, so wird dasselbe schmelzen und das Wasser wird seine Temperatur erniedrigen. Das Eis wird vollständig schmelzen, wenn eine genügende Menge warmen Wassers zugegen ist. Aus der Menge und den Temperaturen des Wassers vor und nach dem Eisschmelzen lässt sich die latente Wärme des Wassers berechnen; dieselbe ergiebt sich aus der zum Schmelzen von 1 Kilogramm verbrauchten Wärme.

Um jedoch hier mit Zahlen operiren zu können, müssen wir eine Einheit wählen, auf welche alle Angaben über Wärmequantitäten zu beziehen sind.

Man nennt die specifische Wärme des Wassers die Wärmeeinheit und bezeichnet diejenige Wärmemenge, welche zur Erwärmung von 1 Kilogramm destillirten Wassers um 1° C. erforderlich ist, ein Calorie.

Die specifische Wärme von einem Kilogramm Wasser ist also 1 Calorie, diejenige von 1 Kilogramm Eisen ist 0,112 Calorien u. s. w.

Der Ausdruck Wärmeeinheit bezieht sich auf die Gewichtseinheit, und wenn man sagt, die specifische Wärme von Eisen sei gleich 0,112 Wärmeeinheiten, so heisst das so viel als: Gleiche Gewichtsmengen Wasser und Eisen gebrauchen zur Erwärmung um 1° C. Wärmemengen, welche sich verhalten wie 1 : 0,112. Die Bezeichnung Calorie gebraucht man hauptsächlich dann, wenn es sich um ein Kilogramm (von Wasser oder einer anderen Substanz) handelt.

Wie die Zahlen für die specifische Wärme relative Zahlen sind, so sind auch die Zahlen, welche die latente Wärme bezeichnen, relativ, da sie sich alle auf die Wärmeeinheit, die ganz willkürlich gewählt ist, beziehen.

Um die Feststellung der Zahlen für die latente Wärme klar zu machen, wollen wir ein Beispiel wählen.

Mischt man 1 Kilogramm Schnee von 0° und 1 Kilogramm Wasser von 79° C., so schmilzt der Schnee, das Wasser kühlt sich ab und man erhält schliesslich 2 Kilogramm Schnee von 0°. Die Wärme, welche ein Kilogramm Wasser von 79° C. bei seiner Abkühlung auf 0° abgiebt, ist gleich 79 Calorien, diese 79 Calorien hat das eine Kilogramm Schnee von 0° aufgenommen, indem es sich in Wasser von 0° verwandelte. Die latente Wärme eines Kilogrammes Wasser beträgt also 79 Calorien.

Machen wir den Versuch ohne die Gewichtsmenge von Schnee und Wasser zu bestimmen, sondern wenden nur gleiche Gewichtsmengen Schnee von 0° und Wasser von 79° C. an, so erhalten wir natürlich das gleiche Resultat; nur sagen wir dann: Um eine gewisse Menge Schnee von 0° in Wasser von 0° zu verwandeln, ist ebenso viel Wärme nöthig, wie um die gleiche Gewichtsmenge Wasser um 79° C., also 79 mal so viel als dieselbe Menge um einen Grad, zu erwärmen. Die Gewichtseinheit des Schnees braucht daher 79 mal so viel Wärme um zu schmelzen, als die Gewichtseinheit Wassers bedarf, um einen Grad Celsius wärmer zu werden, also 79 Wärmeeinheiten. Folgendes Beispiel ist sehr instructiv:

70 Gramme zerstossenes Eis von — 1° C. werden mit 520 Grammen Wasser von 15° C. vermischt; nach einiger Zeit ist das Eis geschmolzen und die Temperatur des flüssigen Wassers constant; dieselbe ist 3,76° C. Aus diesen Zahlen berechnen wir die latente Wärme des Wassers. 520 Gramm Wasser haben sich von 15° C. auf 3,76° C., also um 11,24° C. abgekühlt; die hierbei frei gewordene Wärme reichte gerade hin, um 70 Gramm Eis von — 1° C. auf 0° zu bringen, dieses Eis zu schmelzen und das entstandene Wasser von 0° auf 3,76° C. zu erwärmen. Ziehen wir

die Wärme a, welche nöthig ist, um die Erwärmung des Eises auf 0° hervorzubringen, plus derjenigen Wärme b, welche die Erwärmung des Wassers auf 3,76° C. bewirkte, von der durch Abkühlung von 520 Grammen Wasser um 11,24° C. frei gewordenen Wärme c ab, so erhalten wir die Schmelzwärme von 70 Grammen Eis.

Nehmen wir als Gewichtseinheit 1 Gramm, so ist $a = 70 \times 0{,}48$ Wärmeeinheiten, da 0,48 die specifische Wärme des Eises ist; $b = 70 \times 3{,}76$ und $c = 520 \times 11{,}24$ Wärmeeinheiten. Die latente Wärme von 70 Grammen Wasser ist demnach $d = c - (a + b)$ oder $d = 520 \times 11{,}24 - (70 \times 0{,}48 + 70 \times 3{,}76)$ oder $d = 5530{,}8$ Wärmeeinheiten; demnach die latente Wärme der Gewichtseinheit $= \frac{5530}{70} = 79$.

Es sind also nöthig: Zum Erwärmen von 1 Gramm Eis um 1° C. 0,48 Wärmeeinheiten, zum Erwärmen von 1 Gramm Wasser um 1° C. 1 Wärmeeinheit, zum Schmelzen von 1 Gramm Eis 79 Wärmeeinheiten.

Latente Wärme der Dämpfe. Bei der Bestimmung der latenten Wärme der Dämpfe wird nach dem entgegengesetzten Princip verfahren wie bei den Flüssigkeiten. Man bestimmt nämlich die bei der Verdichtung von Dämpfen frei werdende Wärmemenge, indem man die Erwärmung misst, die eine bekannte Wassermenge hierdurch erfährt.

Die latente Wärme der Dämpfe ist jedoch nicht bei jedem Druck dieselbe, sondern schwankt ziemlich beträchtlich und ist bei höherem Druck oder höherer Temperatur bedeutend niedriger. Die Gesammtwärme, welche Wasserdampf von 100° C. bei seiner Verwandlung in Wasser von 0° C. abgiebt, ist gleich 637 Wärmeeinheiten. Mit Hülfe der Gleichung

$$\lambda = A + Bt^{0},$$

worin λ die Gesammtwärme des Wasserdampfes bei t^{0} bedeutet, kann man die Gesammtwärme des Wasserdampfes bei jeder Temperatur berechnen. Die Constanten A und B findet man aus directen Versuchen. Für $t^{0} = 100°$ C. hat der Versuch $\lambda = 637$, für $t^{0} = 195°$ C. hat der Versuch $\lambda = 666$ ergeben. Setzt man diese Werthe in die obige Gleichung ein, so erhält man die beiden Gleichungen

$$637 = A + B\,100$$
$$666 = A + B\,195$$

woraus sich $A = 606{,}5$ und $B = 0{,}305$ berechnet. Die obige Formel wird demnach zu

$$\lambda = 606{,}5 + 0{,}305\,t^{0}.$$

Mit Hülfe dieser Formel lässt sich die latente Wärme des

Wasserdampfs für jede Temperatur, mithin auch für jeden Druck berechnen.

Die Gesammtwärme eines Dampfes setzt sich zusammen aus der latenten Wärme der Flüssigkeit, der ganzen Wärme, welche zur Erwärmung der Flüssigkeit von ihrem Erstarrungspunkt zu ihrem Siedepunkt gebraucht wird plus der eigentlichen Verdampfungswärme beim Siedepunkt. Der gesammte Wärmeinhalt ist selbstverständlich geringer, wenn die Verdampfung bei niedrigerer Temperatur stattgefunden hat.

Strahlung und Leitung der Wärme.

Die Wärme theilt sich den Körpern mit mehr oder minderer Raschheit mit. Eine Erwärmung wird stets nur an der Aussenfläche stattfinden und in Folge der Wärmeleitung allmälig bis ins Innere des Körpers dringen.

Erwärmte Körper strahlen Wärme aus. Das Wärmestrahlungsvermögen ist sehr verschieden. Die Wärmestrahlung geht von der Oberfläche der Körper aus, und im Allgemeinen strahlt die Oberfläche eines dichten Körpers weniger leicht Wärme aus als die Oberfläche weniger dichter Körper. Die strahlende Wärme trifft die Oberfläche der bestrahlten Körper und kann nun entweder in diese Oberfläche eindringen oder von derselben zurückgeworfen oder reflectirt werden. Die eindringende Wärme wird entweder von dem bestrahlten Körper absorbirt und bewirkt alsdann eine fühlbare Erwärmung oder sie geht hindurch.

Dass Wärme auch durch feste Körper hindurchgehen kann, wird durch die Thatsache bewiesen, dass die Sonnenstrahlen auch Gegenstände direct erwärmen, welche von Glas bedeckt sind. Man nennt solche Körper, welche die strahlende Wärme absorbiren, *atherman*, und diejenigen, welche dieselbe durchlassen, *diatherman*.

Wie die Wärme durch den leeren Raum sich fortpflanzt in Folge der Strahlung, so pflanzt sie sich im Inneren der Materie fort in Folge der Leitung.

Diejenigen Körper, welche eine rasche Fortpflanzung der Wärme gestatten, nennt man *gute Wärmeleiter*. Metalle sind gute Wärmeleiter. Holz und Glas sind schlechte Wärmeleiter, weil sie nur eine äusserst langsame Verbreitung der Wärme gestatten. Gute Wärmeleiter erwärmen sich rascher und kühlen sich auch rascher wieder ab als schlechte Wärmeleiter.

Sowohl Flüssigkeiten als Gase sind Wärmeleiter, aber beide sehr schlechte. Die Wärme verbreitet sich in einer Flüssigkeit jedoch ziemlich rasch, aber hauptsächlich in Folge einer Strömung,

welche entsteht, wenn die Flüssigkeit von unten oder von der Seite erwärmt wird. Die warmen Flüssigkeitsschichten steigen nach oben und die noch kalten sinken nach unten; dadurch entsteht eine Bewegung, welche eine ziemlich rasche, annähernd gleichmässige Verbreitung der Wärme zur Folge hat.

Das Wärmeleitungsvermögen der Gase ist ebenfalls sehr gering. Es ist bei verschiedenen Gasen verschieden. Es geht dies schon daraus hervor, dass sich ein erhitzter Körper in Wasserstoff schneller abkühlt, als in atmosphärischer Luft.

Von der Leitung der Wärme macht man mannigfache Anwendungen. Die Einrichtung der Davy'schen Sicherheitslampe (Fig. 8 pag. 104) beruht auf der Leitungsfähigkeit der Metalle.

Es mag hier noch bemerkt werden, dass die Wärmeleitung in Krystallen, die nicht dem regulären System angehören, nicht nach allen Richtungen die gleiche ist. Diese Thatsache wird in folgender Weise zu beobachten sein. Man bestreicht die geschliffene Platte eines Krystalles mit Wachs, setzt einen feinen Metallstift in der Mitte derselben auf und erwärmt denselben alsdann an seinem oberen Ende. Die Wärme wird sich durch denselben zur Krystallplatte fortpflanzen und sich alsdann dieser selbst mittheilen. Wäre nun die Wärmeleitung im Krystalle nach allen Richtungen die gleiche, so müsste das Wachs nach allen Richtungen gleich schnell schmelzen. Dem ist aber nicht so, denn die Linie, welche die Grenze des ungeschmolzenen Wachses anzeigt, ist nicht kreisförmig, sondern hat eine wechselnde Gestalt; sie bildet z. B. häufig eine Ellipse, wobei es natürlich auch auf die Richtung ankommt, in der die Krystallplatte geschliffen ist.

Wärmequellen.

Die Wärme ist ein Product sehr verschiedenartiger molecularer Thätigkeiten. Wärme entsteht vorzüglich bei chemischen Reactionen, aber auch durch mechanische Leistungen kann Wärme producirt werden. Dass Körper warm werden, wenn man sie reibt, ist eine altbekannte Thatsache; die Arbeit des Reibens erzeugt die Wärme, welche wir als Erwärmung des Körpers beobachten.

Weniger bekannt ist, dass bei der Compression der Gase Wärme erzeugt wird. Es können uns diese Thatsachen nicht überraschen, da wir gesehen haben, dass Erwärmung der Gase zur Folge hat, dass dieselben sich ausdehnen; folglich muss eine künstliche Compression ebenso viel Wärme frei machen, als nöthig

wäre, um das zusammengepresste Gasvolumen auf sein ursprüngliches Volumen zu bringen.

Das pneumatische Feuerzeug ist ein Apparat, dessen Einrichtung auf dieser Erscheinung beruht. Dasselbe besteht im Wesentlichen aus einem Metallcylinder, in dem sich ein Kolben luftdicht schliessend bewegt. Unter normalen Bedingungen ist Luft im Cylinder und der Kolben befindet sich am oberen Ende, so dass die ganze Kolbenstange aus dem Cylinder herausragt. Treibt man durch einen raschen, kräftigen Schlag den Kolben bis an den Boden des Cylinders, so wird die darin befindliche Luft comprimirt; es wird hierbei so viel Wärme frei, dass sich ein Stückchen Zunder, welches sich am Boden des Cylinders befindet, entzünden kann.

Weitaus die grösste Menge Wärme, welche wir beobachten, wird durch chemische Reactionen, speciell durch Verbrennungen, hervorgebracht.

Aequivalenz zwischen Wärme und Arbeit.

Die lebendige Kraft, d. h. die wirksame, thätige Kraft ($A = p \cdot s$) einer in Bewegung befindlichen Masse, welche sich aus Gleichung XI pag. 597 zu $A = ps = \frac{M v^2}{2g}$ berechnen lässt, wird der Arbeitsvorrath genannt.

Der Arbeitsvorrath einer Masse wird nicht zerstört ohne gleichzeitig eine andere Wirkung hervorzubringen, welche dem verbrauchten oder zerstörten Arbeitsvorrath äquivalent ist. Eine fliegende Kugel repräsentirt eine bestimmte Arbeit, sie kann beim Aufhören ihrer Bewegung eine ebenso grosse Arbeit leisten, als aufgeboten werden musste, um sie in Bewegung zu setzen. Ein fallendes Gewicht ist im Stande ein anderes Gewicht zu heben und damit ebenfalls eine ebenso grosse Arbeit zu leisten als diejenige ist, welche zu seiner Hebung aufgewendet wurde. Arbeit wird zwar zerstört werden können, aber nicht die die Arbeit verrichtende Kraft. Diese Kraft, welche unzerstörbar ist, kann nun die Arbeit leisten entweder in Form von mechanischen Leistungen oder in anderer Form. Nicht jedem Verbrauch von Arbeit entspricht die Leistung einer entgegengesetzten Arbeit oder die Uebertragung eines Arbeitsvorraths auf eine bewegte Masse; stets lassen sich dann aber andere Wirkungen nachweisen, welche die scheinbar zerstörte, in der That auch als sichtbare mechanische Leistung verschwundene Kraft hervorgerufen hat. Es verschwindet z. B. Arbeit, also mechanische Leistung, und es entsteht Wärme.

Erfahrungsmässig entsteht Wärme durch Reibung, z. B. beim Schleifen eines Messers; beim Reiben der Zündhölzer zeigt sich die Reibungswärme in der Entzündung des Zündhölzchens. Das Feuerschlagen mit Stein und Stahl zeigt ebenfalls eine Wärmeentwicklung durch Reibung; ferner entsteht Wärme durch Druck, z. B. beim Zusammendrücken von Holz oder Metall durch eine hydraulische Presse, von Luft im pneumatischen Feuerzeug. Durch Stoss kann gleichfalls Wärme erzeugt werden, z. B. beim Hämmern der Metalle. In allen diesen Fällen ist Arbeit aufgewandt worden.

Die Bewegung der reibenden Körper, der Druck auf irgend eine Masse, der Stoss, sind alles mechanische Leistungen, denen eine bestimmte Arbeit entspricht. Diese Arbeit scheint verloren gegangen; sie hat sich in Wärme verwandelt. Wenn derartige Versuche mit Genauigkeit angestellt werden, so beobachtet man, dass die Wärmemenge, welche erzeugt wird, in einem ganz bestimmten Verhältniss zur aufgewendeten Arbeit steht. Die Wärmeentwicklung wird nach Wärmeeinheiten gezählt, und die Arbeit nach Meterkilogrammen. Man kann in diesem Sinne von dem Arbeitswerth der Wärmeeinheit sprechen.

Bestimmung des Arbeitswerthes der Wärmeeinheit.

Die Ausdehnungswärme der Gase wird nach folgender Formel berechnet: $\frac{0,23773}{0,23773 - \beta} = 1,41$ zu $\beta = 0,0691$.

In einem Cylinder von einem Quadratmeter Querschnitt sei ein Kilogramm Luft bei einer Temperatur von 0° C. und unter dem normalen Druck von 760^{mm} abgeschlossen durch einen luftdicht schliessenden, ohne Reibung sich bewegenden Kolben; der Kolben wird dann $\frac{1}{1,2932}$ Meter vom Boden abstehen, da ein Cubikmeter Luft 1,2932 Kilogramm wiegt, also 1 Kilogramm Luft den Raum von $\frac{1}{1,2932}$ Cubikmeter einnimmt. Wird die Luft um einen Grad Celsius erwärmt, so vergrössert sich das Volumen von $\frac{1}{1,2932}$ Cubikmeter um $^1/_{273}$. Durch diese Ausdehnung wird der Kolben um $\frac{1}{1,2932} \cdot \frac{1}{273}$ Meter gehoben, d. h. das ganze Gewicht der auf einem Quadratmeter lastenden Luft, = 10334,5 Kilogramm, wird auf diese Höhe gehoben. Die mechanische Leistung, welche

dieser Hebung entspricht, ist gleich $\frac{10334,5}{1,2932 \times 273}$ Meterkilogramm.

Diese Leistung wird hervorgebracht durch die Ausdehnungswärme, 0,0691 Calorien für ein Kilogramm Luft. Das Arbeitsäquivalent oder der Arbeitswerth einer Calorie beträgt demnach $A = \frac{10334,5}{1,2932 \times 273 \times 0,0691}$ Meterkilogramm oder A = 424 Meterkilogramm.

Das Wärmeäquivalent der Arbeitseinheit beträgt $\frac{1}{A} = \frac{1}{424}$ Wärmeeinheiten.

424 Meterkilogramm ist also das mechanische Aequivalent einer Calorie.

Aus der Thatsache der Aequivalenz von Arbeit und Wärme erschliessen wir unsere Ansichten über das Wesen der Wärme, welche uns die Wärme als eine Art der Bewegung erscheinen lassen. Im Lichte dieser Anschauung erlangen wir ein klareres Verständniss über den Unterschied der verschiedenen Aggregatzustände und über die Wärmeerscheinungen, welche mit der Ueberführung der Körper in andere Aggregatzustände im Zusammenhang stehen.

Aggregatzustände.

Denken wir uns die Molecüle in stetiger Bewegung, so können wir leicht einsehen, dass die Form der Bewegung die Natur der Aggregatzustände bedingt. Bei den festen Körpern, welche eine bedeutende Cohärenz besitzen, ist die Molecularbewegung eine sehr beschränkte; sie wird freier, intensiver, wenn den Körpern Wärme zugeführt wird, weil sich durch Zuführung von Wärme, welche in mechanische Leistung der Molecüle umgesetzt wird, die Bewegungsintensität steigern lässt. Bei flüssigen Körpern, welche also in Form von Arbeitsvorrath, der sich als Molecülbewegung äussert, Wärme aufgenommen haben, ist die Molecülbewegung freier und damit erklärt sich die leichtere Beweglichkeit der flüssigen Körper. Die gasförmigen Körper zeigen nun die allergrösste Beweglichkeit ihrer Theilchen; ihre Molecülbewegung ist die intensivste. Die Molecüle stehen in den Gasen nicht mehr unter dem Einfluss der gegenseitigen Anziehung.

Der Aggregatzustand ist bedingt durch die Art der Molecülbewegung.

Die Temperatur eines Körpers ist bedingt durch die Intensität der Molecülbewegung.

Man nennt fühlbare Wärme eines Gases diejenige Wärme, welche beim Anschlagen der Gasmolecüle an die Gefässwand auf den zu erwärmenden Körper übertragen wird, indem sich die Bewegung der Gasmolecüle den Molecülen des zu erwärmenden Körpers mittheilt.

Wir können die Sätze über die Beziehungen der Molecülbewegungen zu den Aggregatzuständen folgendermaassen fassen.

Im festen Körperzustande ist die lebendige Kraft der Molecülbewegungen nicht gross genug, um die Molecularanziehung zweier benachbarter Molecüle zu überwinden.

Im flüssigen Zustande vermag die lebendige Kraft der Molecüle die Molecularanziehung zweier benachbarten Molecüle zu überwinden; die lebendige Kraft eines einzelnen Molecüls ist aber nicht im Stande, die Gesammtanziehung der übrigen Molecüle zu überwinden. Deshalb haben die Molecüle keine bestimmte Gleichgewichtslage mehr.

Im gasförmigen Zustande überwindet die lebendige Kraft jedes einzelnen Molecüls die Gesammtanziehung aller übrigen Molecüle.

Wärmeerscheinungen bei Lösungen.

Man unterscheidet zwischen Lösungen, Mischungen und Absorptionen.

Eine Lösung im engeren Sinne ist die Vermischung eines festen und eines flüssigen Körpers.

Mischung ist die Vermischung zweier Flüssigkeiten, und Absorption die Vermischung eines Gases mit einer Flüssigkeit.

a) Eine Lösung wird erreicht, wenn ein fester Körper mit einer Flüssigkeit in innige Berührung kommt und wenn die Molecularanziehung der Molecüle des festen Körpers unter einander nicht grösser ist, als die Anziehung seiner Molecüle durch die Molecüle des flüssigen Körpers. Da in einem festen Körper übrigens die Molecularanziehung sehr bedeutend ist, so kann niemals eine Mischung eines festen Körpers und einer Flüssigkeit stattfinden.

Die Löslichkeit fester Körper ist eine begrenzte.

Dieselbe ist eine specifische Eigenschaft der Körper, die bei derselben Temperatur immer die gleiche ist. Im Allgemeinen nimmt die Löslichkeit der Körper mit dem Steigen der Temperatur zu.

Man kann die Löslichkeit der Körper durch Curven darstellen, deren Abscissen die Menge des Lösungsmittels und deren Ordinaten die Temperatur bedeuten oder umgekehrt. Diese Curven sind meistens ganz unregelmässige Linien.

Die Regel ist, dass bei Auflösung fester Körper Wärme gebunden wird, was eine Folge des Uebergangs des festen Körpers in den flüssigen Zustand ist, wobei allerdings noch andere Ursachen mitwirken.

Tritt eine Temperaturerhöhung beim Auflösen eines festen Körpers ein, so ist dieselbe entweder einer chemischen Reaction zuzuschreiben oder doch durch die Bildung molecularer Verbindungen veranlasst.

Bei einigen Körpern ist die Wärmebindung in Folge ihrer Auflösung so bedeutend, dass eine bedeutende Temperaturerniedrigung bewirkt wird. Die Substanzen, welche zu Kältemischungen benutzt werden, zeigen diese Eigenschaft in sehr auffälliger Weise.

Hat man es, wie bei den Kältemischungen, mit der Aufgabe zu thun, eine möglich niedrige Temperatur zu erreichen, so verbindet man mit der Auflösung einer Substanz auch noch das Schmelzen des Lösungsmittels; man wendet nämlich statt des Wassers Eis oder Schnee als Lösungsmittel an. Kochsalz löst sich z. B. in Wasser unter Wärmebindung. Vermischt man dagegen Kochsalz mit zerstossenem Eis oder mit Schnee, so ist die Temperaturerniedrigung eine viel bedeutendere, abgesehen davon, dass die Anfangstemperatur schon 0° C. war, während sie bei Anwendung von Wasser in der Regel höher zu sein pflegt.

Folgende Mischungen sind gute Kältemischungen:

1) Wasser und Salze.

5	Th. Salpeter, 5 Salmiak u. 16 Wasser geben eine Erkältung von	22° C.
1	salpetersaures Ammoniak, 1 Wasser	26° „
1	„ „ „ 1 kohlens. Natron .	29° „
57	Kochsalz, 32 Salmiak, 10 Salpeter, 4 Wasser . . .	15° „
5	Salmiak, 5 Salpeter, 1 Glaubersalz, 16 Wasser . . .	26° „

2) Schnee und Salze.

1	Kochsalz, 2 Schnee	20° „
10	„ 24 „ 5 Salmiak, 5 Salpeter	28° „
2	„ 5 „ 1 „	24° „
5	„ 10 „ 5 salpetersaures Ammoniak . .	31° „

3) Säuren und Salze.

3	Glaubersalz, 2 verdünnte Salpetersäure	29° „
6	„ 5 salpetersaures Ammoniak, 4 verdünnte Salpetersäure	36° „
8	„ 5 Salzsäure	27° „
8	„ 4 Salmiak, 2 Salpeter, 4 verdünnte Salpetersäure	33° „
9	phosphorsaures Natron, 4 verdünnte Salpetersäure .	39° „
5	Glaubersalz, 4 Schwefelsäure	18° „

Auch Rhodankalium und Rhodanammonium geben beim Lösen in Wasser eine sehr bedeutende Temperaturerniedrigung.

b) Zwei Flüssigkeiten werden sich mischen, wenn die Anziehung der gleichartigen Molecüle unter einander geringer ist. als die Anziehung der ungleichartigen Molecüle unter einander In diesem Falle sind die Flüssigkeiten in jedem Verhältnisse mischbar.

c) Die Absorption der Gase in Flüssigkeiten findet stets statt, wenn ein Gas mit einer Flüssigkeit unter Druck in Berührung kommt.

Die Gasmolecüle stossen in ihrer geradlinigen Bewegung an die Oberfläche der sie berührenden Flüssigkeit, dringen in dieselbe ein und erfüllen den zwischen den Flüssigkeitsmolecülen befindlichen Raum oder trennen die Flüssigkeitsmolecüle, wobei eine Volumveränderung der Flüssigkeit eintritt. Je mehr sich nun die Flüssigkeit mit Gasmolecülen anfüllt, um so mehr wird die Gelegenheit näher gerückt, dass einzelne Gasmolecüle bei ihrer Bewegung wieder an die Oberfläche der Flüssigkeit gelangen und austreten. Die Sättigung der Flüssigkeit ist eingetreten, sobald in der Zeiteinheit durchschnittlich ebenso viel Gasmolecüle in die Flüssigkeit eintreten, als dieselbe abgiebt.

Je grösser der Druck ist, unter dem das Gas steht, desto grösser ist auch die Anzahl der Molecüle, welche die Flüssigkeitsoberfläche in der Zeiteinheit treffen, desto grösser also auch die Menge absorbirten Gases. Die Menge absorbirten Gases steht in directer Proportion zum Druck, welcher auf dem Gase lastet. Dies ist das Henry-Dalton'sche Gesetz.

Ein unter starker Pressung in eine Flüssigkeit eingepresstes Gas wird zum Theil aus derselben entweichen, wenn die Pressung vermindert wird.

Die Flüssigkeiten nehmen ein Gas nicht alle gleich leicht auf, ebenso wenig sind alle Gase gleich leicht absorbirbar. Die Löslichkeit eines Gases hängt ab von der Leichtigkeit, mit der ein Gasmolecül in die Flüssigkeitsoberfläche eindringen kann. Auch ändert die gleichzeitige Anwesenheit fremder Substanzen in der absorbirenden Flüssigkeit die Absorptionsfähigkeit bedeutend.

Für höhere Temperaturen ist die Absorptionsfähigkeit der Flüssigkeiten viel geringer. Einzelne Gase sind schon bei einer Temperatur von 40—60° C. nahezu unlöslich in Wasser. Die Erklärung hierfür liegt in der bei steigender Temperatur wachsenden lebendigen Kraft der Gasmolecüle.

Bei der Absorption der Gase findet eine mehr oder minder beträchtliche Erwärmung statt.

Wärmewirkungen bei chemischen Vorgängen.

Die chemischen Processe sind sämmtlich Wechselzersetzungen, da ja auch die scheinbar directen Vereinigungen zweier Elemente als eine Wechselzersetzung ihrer aus mehreren Atomen bestehenden Molecüle angesehen werden muss.

Bei den meisten chemischen Zersetzungen, an denen sich ein Elementmolecül betheiligt, findet eine mehr oder minder beträchtliche Wärmeentwicklung statt. So ist die Verbrennung der Körper ein chemischer Process, der von einer sehr bedeutenden Wärmeentwicklung begleitet ist.

Wir wollen einige der wichtigsten chemischen Processe mit Rücksicht auf die in ihrem Gefolge befindlichen Wärmeerscheinungen betrachten.

a) Wärmewirkung bei der Bildung von Salzen aus Säuren und Basen. In der nachstehenden Tabelle sind die Wärmemengen angegeben, welche die Molecüle der bezeichneten Basen bei ihrer Neutralisation mit Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure und Essigsäure entwickeln. Die Wirkung der Bildung von Niederschlägen, und die Wärmeentwicklung durch Entstehung von Molecülverbindungen sind bei der Beobachtung der angegebenen Zahlen dadurch ausgeschlossen, dass die neutralisirenden Säuren in sehr verdünntem Zustande angewendet werden.

Namen der Base.	Molecularformel.	1 Molecül Schwefelsäure.	2 Molecüle Salzsäure.	2 Molecüle Salpetersäure.	2 Molecüle Essigsäure.
		W. E.	W. E.	W. E.	W. E.
Natronhydrat	$2NaOH$	31380	27490	27360	26370
Kalihydrat	$2KOH$	31290	27500	27540	26430
Barythydrat	$Ba(OH)_2$	—	27780	28260	26900
Kalkhydrat	$Ca(OH)_2$	—	27900	—	—
Magnesiahydrat	$Mg(OH)_2$	31220	27690	27520	—
Manganoxydulhydrat	$Mn(OH)_2$	26480	22950	—	—
Eisenoxydulhydrat	$Fe(OH)_2$	24920	21390	—	—
Kadmiumoxydhydrat	$Cd(OH)_2$	23820	20290	20320	—
Zinkoxydhydrat	$Zn(OH)_2$	23410	19880	—	18030
Kupferoxydhydrat	$Cu(OH)_2$	18440	14910	14890	12820
Bleioxydhydrat	$Pb(OH)_2$	—	—	15340	13120
Kupferoxyd	CuO	18800	15270	15250	13180

Namen der Base.	Molecular-formel.	1 Molecül Schwefelsäure.	2 Molecüle Salzsäure.	2 Molecüle Salpetersäure.	2 Molecüle Essigsäure.
		W. E.	W. E.	W. E.	W. E.
Quecksilberoxyd	HgΘ	—	19420	—	—
Bleioxyd	PbΘ	—	—	17770	15460
Silberoxyd	Ag_2Θ	14490	—	10880	—
Thonerdehydrat	$^2/_3$Al(ΘH)$_3$	20990	15640	—	—
Chromoxydhydrat	$^2/_3$Єr(ΘH)$_3$	16440	13730	—	—
Eisenoxydhydrat	$^2/_3$Fe(ΘH)$_3$	11250	11150	11200	7990

b) Wärmewirkungen bei Verbrennungen.

Die nachstehende Tabelle giebt die Verbrennungswärme einer Reihe von Elementen.

1	Gewichtstheil	Schwefel (rhombisch)	entwickelt	2221	W. E.
1	"	" (monoklin)	"	2260	" "
1	"	gelber Phosphor	"	5953	" "
1	"	rother "	"	5070	" "
1	"	Diamant	"	7770	" "
1	"	Graphit (aus Hochöfen)	"	7762	" "
1	"	" (natürlich)	"	7797	" "
1	"	dichte Kohle	"	8047	" "
1	"	Holzkohle	"	8080	" "
1	"	Wasserstoff	"	34462	" "

Multiplicirt man die hier gefundenen Werthe mit den betreffenden Moleculargewichten, so erhält man die Anzahl der Wärmeeinheiten, welche bei der Verbrennung eines das Molecül repräsentirenden Gewichtes entstehen.

So sind die Verbrennungswärmen der in nachfolgender Tabelle verzeichneten Körper angegeben. Die das Molecül des Aethylens bezeichnende Gewichtsmenge Aethylen giebt 334000 Wärmeeinheiten bei ihrer Verbrennung, d. h. 28 Gewichtstheile Aethylen liefern bei ihrer Verbrennung zu Kohlensäure und Wasser so viel Wasser, dass 334000 Gewichtstheile Wasser um 1° C. erwärmt werden können.

Die nachstehende Tabelle enthält Zahlen, welche die Verbrennungswärme mehrerer Gruppen homologer Verbindungen bedeuten.

Namen.	Zusammensetzung.	Verbrennungswärme des Moleculs.	Unterschied in der Zusammensetzung.	Unterschied der Verbrennungswärmen.
Aethylen	$\bar{C}_2H_4$	334000	$3\bar{C}H_2$	3×156700
Amylen	$\bar{C}_5H_{10}$	804000	$11\bar{C}H_2$	11×153300
Ceten	$\bar{C}_{16}H_{32}$	2490000		
Methylalkohol	$\bar{C}H_4\Theta$	170000	$\bar{C}H_2$	151000
Aethylalkohol	$\bar{C}_2H_6\Theta$	321000	$3\bar{C}H_2$	3×155600
Amylalkohol	$\bar{C}_5H_{12}\Theta$	788000	$11\bar{C}H_2$	11×161500
Cetylalkohol	$\bar{C}_{16}H_{34}\Theta$	2565000		
Ameisensäure	$\bar{C}H_2\Theta_2$	96000	$\bar{C}H_2$	114000
Essigsäure	$\bar{C}_2H_4\Theta_2$	210000	$2\bar{C}H_2$	2×143000
Buttersäure	$\bar{C}_4H_8\Theta_2$	497000	$\bar{C}H_2$	160000
Valeriansäure	$\bar{C}_5H_{10}\Theta_2$	657000	$11\bar{C}H_2$	11×157000
Palmitinsäure	$\bar{C}_{16}H_{32}\Theta_2$	2385000		
Essigsäuremethyläth.	$\bar{C}_2H_3\Theta_2\bar{C}H_3$	395000	$\bar{C}H_2$	159000
Essigsäureäthyläther	$\bar{C}_2H_3\Theta_2\bar{C}_2H_5$	554000	$3\bar{C}H_2$	3×160000
Essigsäureamyläther	$\bar{C}_2H_3\Theta_2\bar{C}_5H_{11}$	1036000		
Valeriansäuremethyläther	$\bar{C}_5H_9\Theta_2\bar{C}H_3$	856000	$\bar{C}H_2$	162000
Valeriansäureäthyläther	$\bar{C}_5H_9\Theta_2\bar{C}_2H_5$	1018000	$3\bar{C}H_2$	3×150000
Valeriansäureamyläther	$\bar{C}_5H_9\Theta_2\bar{C}_5H_{11}$	1469000		

Die Zahlen in der letzten Columne zeigen eine beachtenswerthe Uebereinstimmung. Sie zeigen, dass die Verbrennungswärme um eine gewisse Grösse zunimmt für den Zuwachs $\bar{C}H_2$ in der Zusammensetzung der Verbindung. Will man die Verbrennungswärme von je einem Gewichtstheil der genannten Körper berechnen, so hat man die Zahlen der dritten Columne durch das Moleculargewicht der betreffenden Verbindung zu dividiren.

Bei der Zersetzung der Verbindungen wird ebenso viel Wärme gebunden, als bei deren Bildung frei wurde.

Die Wärme, welche bei der Bildung von 9 Gewichtstheilen Wasser entsteht, ist gleich 34462 Wärmeeinheiten.

Eine solche Wärmemenge wird gebunden, wenn 9 Gewichtstheile Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werden. Bei der Zersetzung der verdünnten Schwefelsäure durch Zink, welche nach der Gleichung $Zn + SO_4H_2 = ZnSO_4 + H_2$ verläuft, werden 36812 Wärmeeinheiten frei, wenn man die ein Atom Zink repräsentirende Gewichtsmenge Zink in Berechnung zieht. Diese Wärmemenge lässt sich im Voraus berechnen. Der Process der Auflösung des Zinks zerfällt in zwei Phasen, erstens die Loslösung zweier Wasserstoffatome von Sauerstoff und zweitens die Verbindung eines Zinkatoms mit Sauerstoff und die Bildung des schwefelsauren Zinkoxyds.

Die erste Phase der Zersetzung begleitet eine Wärmebindung von 2×34462 Einheiten.

Die zweite Phase, die Oxydation von 1 Atom Zink zu Zinkoxyd, welche die Entwicklung von 84826 Wärmeeinheiten zur Folge hat, und ferner die Neutralisation von 1 Molecül Zinkoxyd (nicht Zinkoxydhydrat) durch ein Molecül Schwefelsäure, welche 20910 Wärmeeinheiten liefert, erzeugt also $84826 + 20910$ W. E.

Die Wärmebindung in der ersten Phase macht also die Gesammtwärmeentwicklung kleiner und letztere ist gleich

$$84826 + 20910 - 2 \times 34462 = 36812 \text{ W. E.}$$

Die Temperatureffecte bei Verbrennungen wie bei anderen chemischen Vorgängen hängen ab von der Masse des verbrennenden Körpers. Die Temperaturerhöhung bei der Verbrennung von 1 Gewichtstheil Wasserstoff zu 9 Gewichtstheilen Wasser ist abhängig von der specifischen Wärme des Wasserdampfes, da die 9 Gewichtstheile Wasserdampf auf diejenige Temperatur gebracht werden, wozu die 34462 Wärmeeinheiten ausreichen. Die spec. Wärme eines Gewichtstheiles Wasserdampf für constanten Druck ist $= 0,475$, d. h. 1 Gewichtstheil Wasserdampf gebraucht 0,475 W. E. zur Temperaturerhöhung um 1° C., mithin gebrauchen 9 Gewichtstheile 4,275 W. E. Je 4,275 W. E. erhöhen also die anfängliche Temperatur um 1° C., mithin wird die Gesammttemperaturerhöhung gleich sein $\frac{34462}{4,275} = 8061°$ C.

T h i e r i s c h e W ä r m e. Die Temperatur des Blutes der lebenden Thiere ist fast ausnahmslos verschieden von derjenigen des umgebenden Mittels. Sie bleibt im normalen Zustande des Thieres constant, ungeachtet in der Regel durch Ausstrahlung die Temperatur des Thierkörpers erniedrigt wird. Es findet stets von innen heraus ein Ersatz der ausgestrahlten Wärme statt, wodurch das Gleichbleiben der Körpertemperatur ermöglicht wird. Die

Wärmequelle im Inneren des Körpers ist die durch den eingeathmeten Sauerstoff unterhaltene langsame Verbrennung des Blutes.

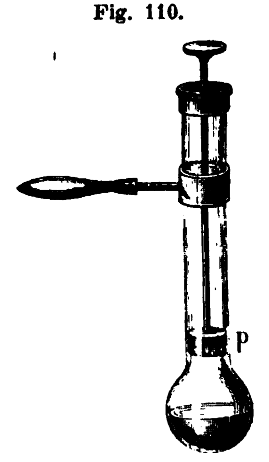
In einer kalten Umgebung verliert der Thierkörper stets mehr Wärme als in einer wärmeren; wir müssen deshalb schliessen, dass in solchem Falle der Verbrennungsprocess im Inneren des Körpers intensiver ist und mehr Wärme erzeugt. Die fortwährende Verbrennung des Blutes ist nur möglich. wenn ein stetiger Ersatz desselben vor sich geht, der das Material für die weitere Verbrennung liefert. Die Nahrungsmittel des Thieres werden zu dem Zwecke aufgenommen, dieses Material zu liefern. Je intensiver also die Verbrennung im Körper ist, je mehr Blut also in der Zeiteinheit verbrannt wird, um so grösser wird das Nahrungsbedürfniss der Thiere sein. Die Natur der Nahrungsmittel ist sehr verschieden. Viele eignen sich überhaupt fast gar nicht zur Unterhaltung der Verbrennung, sondern unterstützen andere Functionen des Thierkörpers.

Die kohlenstoffreichsten Nahrungsmittel, namentlich Fette, sind vorzüglich geeignet die Verbrennungswärme des Körpers zu erhalten und darum nehmen auch die in kälteren Klimaten wohnenden Menschen nicht nur eine grössere Menge Nahrung ein, sondern wählen auch mit Vorliebe fettreiche Speisen.

Der Verbrennungsprocess im thierischen Körper hat jedoch nicht allein die Temperatur desselben auf gleicher Höhe zu erhalten, sondern muss auch diejenige Wärme liefern, welche als mechanische Leistung verbraucht wird. Der Thierkörper ist ein Apparat, in welchem stets Wärme, in specie die Verbrennungswärme des Blutes, in Arbeit umgesetzt wird. Ein arbeitender Mensch bedarf zur Erhaltung seines Körpers mehr Nahrung als ein ruhender.

Dampfmaschine.

Fig. 110.



Die Dampfmaschine ist ein Apparat, welcher den Zweck hat, Wärme in mechanische Leistung umzusetzen. Die nebenstehende einfache Zeichnung Fig. 110 stellt einen Apparat dar, an dem das Princip der Dampfmaschine klar gemacht werden kann. In dem cylindrischen Glasgefäss, welches unten mit einer Kugel versehen ist, bewegt sich luftdicht schliessend ein Kolben, p. Wird das Wasser in der Kugel erwärmt, so entwickelt sich Dampf, der den Kolben p in die Höhe treibt und zwar desto höher, je mehr Dampf gebildet wird. Die dem Wasser von aussen zugeführte

Wärme wird also unmittelbar in Dampfspannung verwandelt, welche ihrerseits die Bewegung des Kolbens p veranlasst.

Wir können uns hier nicht damit befassen, die Einrichtung einer eigentlichen Dampfmaschine zu beschreiben, in welcher diese Umsetzung von Wärme in Arbeit derart angenommen wird, dass einer ständigen Dampfbildung auch eine ständige Entstehung von Arbeitsvorrath, welcher weiter verwerthet werden kann, entspricht, sondern verweisen bezüglich dieses auf die ausführlichen Werke über Mechanik.

Specifisches Gewicht.

Allgemeines.

Specifisches Gewicht nennt man die relativen Gewichte gleich grosser Volumina verschiedener Körper. Die Dichtigkeit ist das Verhältniss des absoluten Gewichtes eines Körpers zu seinem Volumen. Dichte Körper sind schwerer als weniger dichte. Luft steigt im Wasser in die Höhe, weil sie weniger dicht ist als das Wasser. Eisen sinkt im Wasser unter, weil Eisen dichter ist als das Wasser. Die Zahlen, welche ausdrücken, um wie viel mal dichter ein Körper ist als ein anderer, sind demnach die specifischen Gewichte. Da diese Zahlen jedoch nur Verhältnisszahlen sind, so wählt man wegen der Einfachheit des Ausdrucks eine Einheit, auf welche alle specifischen Gewichtszahlen bezogen werden. Die specifischen Gewichte fester und tropfbar flüssiger Körper bezieht man auf das specifische Gewicht des Wassers, welches man = 1 annimmt, und die specifischen Gewichte der elastisch flüssigen Körper, also der Gase und Dämpfe, auf Luft als Einheit. Würde man diese Ausgangspunkte nicht annehmen, so wäre man genöthigt stets zwei Zahlen zu nennen. Indem man das specifische Gewicht des Platins 21 nennt, sagt man: Das Platin ist 21 mal dichter als das Wasser, oder 1 Cubikcentimeter Platin wiegt 21 Grammen, da 1 CC. Wasser 1 Gramm wiegt. Geht man dagegen nicht von dieser feststehenden, allerdings ganz beliebig gewählten aber äusserst praktischen Einheit aus, so muss man stets hinzusetzen, mit welchem Körper die betreffende Substanz verglichen wird. Die Dichte des Platins ist nahezu doppelt so gross als diejenige des Silbers, sie ist also im Verhältniss zum Silber = 2; sie ist ferner achtmal so gross, als die des Quarzes, also mit Beziehung auf Quarz = 8.

Die Dichte ist das Verhältniss des Gewichtes eines Körpers

zu seinem Volumen. Dieses Verhältniss ändert sich jedoch mit der Temperatur, da ein Kilogramm eines Körpers mit der Temperatur zwar sein Volumen, aber nicht sein Gewicht ändert. Ein Kilogramm ist bei 100° C. ebenso schwer wie bei 0°. Ein Körper ist daher specifisch leichter, wenn er warm ist, als wenn er kalt ist. Erwärmte Luft steigt in kalter Luft in die Höhe, kalte Luft sinkt in warmer Luft nach unten. Erwärmtes Wasser steigt in kaltem Wasser nach oben, und kaltes Wasser sinkt in warmem Wasser nach unten. Das specifische Gewicht oder die Dichte sind eben verschieden. Soll deshalb die Zahl, welche das specifische Gewicht eines Körpers bedeutet, wirklichen Werth haben, so muss die Temperatur, bei welcher die gefundene Dichte existirt, angegeben sein.

Feste und flüssige Körper dehnen sich sehr ungleich beim Erwärmen aus. Hat man daher die Dichte eines Körpers bei 15° C. bestimmt und auf die Dichte des Wassers bei dieser Temperatur als Einheit bezogen, so kann man diese Zahl nicht als das Verhältniss der Gewichte gleicher Volumina beider Substanzen bei einer anderen Temperatur ansehen.

Will man sichere Zahlen haben, so muss man die Einheit des specifischen Gewichts sicher normiren. Man bezeichnet daher als Einheit des specifischen Gewichtes fester und tropfbar flüssiger Körper das specifische Gewicht des Wassers bei 4° C, bei welcher Temperatur 1 CC. Wasser 1 Gramm wiegt.

Es ist nun nicht nöthig, das specifische Gewicht eines Körpers stets bei 4° C. zu bestimmen, sondern es bedarf nur einer genauen Ermittlung der Temperatur, bei welcher die Bestimmung ausgeführt wurde, da man mit Hülfe des Ausdehnungscoefficienten leicht das Volumen und damit auch das specifische Gewicht eines Körpers auf jede beliebige Temperatur, also auch auf 4° C., wo es dann mit demjenigen des Wassers direct vergleichbar ist, reduciren kann.

Die specifischen Gewichte der Gase lassen sich bei jeder Temperatur durch Vergleichung der Gewichte gleicher Volumina Luft und Gas bei gleicher Temperatur bestimmen, weil alle Gase innerhalb gewisser Grenzen denselben Ausdehnungscoefficienten haben. 1 Volumen Wasserstoff wiegt bei 100° C. wie bei 0° genau 14,44 mal weniger als 1 Volumen Luft. Bei Gasen kommt jedoch noch ein weiterer Factor hinzu, der bei festen und tropfbar-flüssigen Körpern vernachlässigt werden kann. Dies ist der Druck, unter dem das Gas steht. Wie die Temperatur, so ist auch der Druck von wesentlichem Einfluss auf das Volumen eines Gases. Da aber alle Gase sich gegen den Druck, innerhalb gewisser Grenzen, gleich verhalten, so kann man die Gewichte gleicher Volumen

Gas und Luft bei jedem beliebigen Druck vergleichen, und hat in dem gefundenen Verhältniss das specifische Gewicht des Gases für 0° und 760^{mm}, also für die normalen Temperatur- und Druckverhältnisse.

Bestimmung des specifischen Gewichtes fester Körper.

Zur Bestimmung des specifischen Gewichtes fester Körper wendet man nur in den seltensten Fällen das Verfahren an, Stücke der betreffenden Körper zu schneiden, deren Inhalt bekannt ist oder bestimmt werden kann und diese Stücke zu wiegen, sondern man verfährt meistens nach anderer Methode.

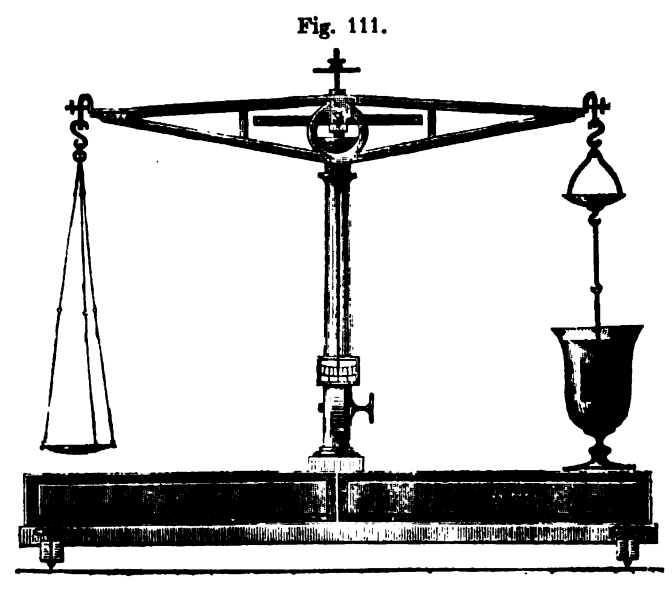
Man bringt in ein kleines calibrirtes Glasgefäss etwas Wasser, misst dessen Volumen genau ab und wägt die ganze Menge; alsdann bringt man die gröblich gepulverte Substanz in das Wasser, beobachtet die Volumvermehrung, wägt und erfährt dabei das Gewicht des festen Körpers. Dividirt man das Gewicht in Grammen durch das Volumen in CC., so erhält man das Gewicht eines CC. in Grammen, d. i. das specifische Gewicht der Substanz.

Diese Methode ist indessen wenig genau.

Mit Hülfe der hydrostatischen Wage kann man das specifische Gewicht fester Körper viel exacter bestimmen.

Fig. 111 stellt eine solche Wage dar. Dieselbe ist eine ge-

Fig. 111.



wöhnliche Wage, deren eine Wagschale etwas kürzer aufgehängt und mit einem Haken nebst Draht versehen ist, an welchen der Körper, dessen specifisches Gewicht man bestimmen will, gehängt wird. Das Princip dieser Methode ist eine Anwendung des Archimedischen Princips. Ein Körper verliert im Wasser so viel von seinem Gewicht, als die durch ihn verdrängte Wassermasse wiegt. Man verfährt folgendermaassen. Man hängt ein Stück des betreffenden Körpers mit Hülfe des Drahtes auf und bestimmt durch eine genaue Wägung sein absolutes Gewicht in Grammen; alsdann taucht man den Körper in Wasser ein; man setzt nämlich das kleine mit Wasser gefüllte Gefäss, Fig. 111, unter die Wagschale rechts, so dass der Körper in das Wasser taucht, und legt alsdann auf die kurz aufgehängte Wagschale so viel Gewicht auf, dass die Wage im Gleichgewicht ist. Der Quotient des absoluten, in der Luft bestimmten Gewichtes des Körpers und der Grösse des nach dem Eintauchen in Wasser aufgelegten Gewichtes ist das specifische Gewicht; denn letzteres Zulagegewicht ist gleich dem Gewicht der verdrängten Wassermasse, d. h. der Wassermasse, welche einen ebenso grossen Raum einnimmt wie der betreffende Körper. Eine Correction muss hierbei gemacht werden, da man zu berücksichtigen hat, dass der Draht, an welchem der Körper aufgehängt ist, beim Eintauchen in Wasser ebenfalls an Gewicht verliert und auch diese Gewichtsdifferenz im Zulagegewicht enthalten ist. Man hat daher durch einen besonderen Versuch die Grösse des hierfür nöthigen Zulagegewichtes zu bestimmen und dieses von dem anderen Zulagegewicht abzuziehen.

Wir wollen ein Beispiel betrachten. Wir haben ein Stück Stahl, dessen absolutes Gewicht gleich 50 Grammen ist; dieses Gewicht ist ermittelt durch eine Wägung, wobei das Stückchen Stahl an dem rechten Wagbalken hing und das Gewicht auf der Wagschale links aufgelegt wurde. Die Gewichtsverminderung, welche der Draht ohne das Stück Stahl beim Eintauchen erfährt, sei 0,005 Gramm, die Gewichtsverminderung beim Eintauchen des Stahlstückchens und des Drahtes aber gleich 6,415 Grammen; die auf Rechnung des Stahlstückchens zu nehmende Gewichtsverminderung ist gleich 6,415—0,005 Grammen. Dies ist das Gewicht einer Wassermasse von gleichem Volumen. Durch Division von 50 durch 6,41 erhält man das specifische Gewicht des Stahls = 7,8.

Selbstverständlich kann man nach dieser Methode nur das specifische Gewicht solcher Substanzen bestimmen, welche in Wasser nicht löslich sind.

Nach diesem Verfahren kann jedoch auch das specifische Gewicht solcher Körper bestimmt werden, welche leichter sind als Wasser und für sich allein nicht in Wasser untertauchen. Man

hängt in einem solchen Falle noch einen anderen schweren Körper mit an den Draht und bestimmt zuerst die Grösse des Zulagegewichts für beide und hierauf die Grösse des Zulagegewichtes für den zweiten Körper, die Differenz ist die Grösse des Zulagegewichtes für den leichteren Körper.

Mit Hülfe des Nicholson'schen Aräometers, Fig. 112, und unter Anwendung desselben Princips kann man das specifische Gewicht fester Körper, wenn auch nicht so genau, mit einem einfacheren Apparat bestimmen.

Fig. 112.



Das Nicholson'sche Aräometer besteht aus einer Blechkapsel B, an welche ein Eimerchen C gehängt ist und deren Schwerpunkt so tief liegt, dass sie selbst bei einer nicht allzu grossen Belastung bei A im stabilen Gleichgewicht schwimmt. Die Blechkapsel ist hohl und sinkt in Wasser nicht vollständig ein; nach Auflegen eines Gewichtes A auf eine Schale, welche durch einen Metalldraht mit ihr verbunden ist, sinkt sie bis zur Marke o ein. Legt man statt A ein Stückchen des Körpers auf, dessen specifisches Gewicht man bestimmen will, und hat man nachher noch ein Gewicht P aufzulegen und das Einsinken der Blechkapsel bis o zu bewirken, so ist A—P das Gewicht der Substanz. Bringt man hierauf dasselbe Stückchen der Substanz in den Eimer C und muss nachher ein Gewicht Q aufgelegt werden, um das Einsinken bis o zu bewirken, so ist $\frac{A-P}{Q}$ das specifische Gewicht der Substanz.

Fig. 113.



Eine noch einfachere Methode, das specifische Gewicht der festen Körper zu bestimmen, ist folgendes. Man füllt ein Gläschen, Piknometer, Fig. 113, mit Wasser voll an und wägt dasselbe (Gewicht B); alsdann giebt man eine bekannte Gewichtsmenge, D, eines festen Körpers, der sich nicht im Wasser löst, hinein; es tritt Wasser aus, man setzt den Stopfen auf und wägt wieder (Gewicht C). Das Gewicht des leeren trocknen Gläschens sei A. Das Gewicht des Wassers bei der ersten Wägung ist B—A. Das Gewicht des Wassers bei

der zweiten Wägung ist C—A—D, folglich ist das Gewicht des durch Hineinwerfen des festen Körpers ausgetriebenen Wassers gleich (B—A) — (C—A—D) = B—C + D gleich dem Gewicht einer Wassermasse, die denselben Raum einnimmt wie die feste Substanz, folglich ist das specifische Gewicht dieser festen Substanz $= \frac{C}{B-C+D}$. Es ist bei diesem Verfahren darauf zu achten, dass das Gläschen stets gefüllt sei, was man dadurch erreicht, dass man Wasser bis zum Rande hineinbringt und hierauf den Stopfen einsetzt, wodurch etwas Wasser aus dem Hals des Gläschens herausgedrückt wird.

Bestimmung des specifischen Gewichtes von Flüssigkeiten.

Mit Hülfe der hydrostatischen Wage sowohl als mit Hülfe von Aräometern und Piknometern lässt sich auch das spec. Gewicht flüssiger Körper bestimmen. Die hydrostatische Wage erhält nur eine etwas veränderte Einrichtung, indem man statt der Wagschale mit dem Drahte ein kleines Gläschen anhängt, wie es Fig. 114 darstellt; dasselbe ist zum Theil mit Quecksilber gefüllt, so dass es schwerer ist als die schwersten Flüssigkeiten. Dieses Gläschen lässt man in die betreffende Flüssigkeit eintauchen und bestimmt, wie viel es an Gewicht verliert. Man kennt seine Gewichtsverminderung beim Eintauchen in Wasser aus einem besondern Versuch. Durch Division der zweiten Zahl in die erste erhält man das specifische Gewicht der betreffenden Flüssigkeit. Das Princip ist folgendes: Der erste Versuch zeigt uns wie viel mal schwerer das Gläschen ist als die zu untersuchende Flüssigkeit. Das Verhältniss ist $\frac{A}{x}$, wo A das Gewicht des Gläschens und x das Zulagegewicht bezeichnet; der zweite Versuch ergiebt uns das Verhältniss der Gewichte des Gläschens und eines gleich grossen Volumen Wassers, es ist dies $\frac{A}{y}$, wo y die Grösse des Zulagegewichts beim Eintauchen des Gläschens in Wasser bedeutet. A/x ist das specifische Gewicht des Gläschens auf die Flüssigkeit als Einheit bezogen und A/y das specifische Gewicht des Gläschens auf das Wasser als Einheit bezogen. Das Verhältniss dieser beiden Zahlen giebt uns natürlich das specifische Gewicht der Flüs-

Fig. 114.



sigkeit $= \frac{A/x}{A/y} = \frac{x}{y}$. A ist $\frac{A}{x}$ mal schwerer als die Flüssigkeit und $\frac{A}{y}$ mal schwerer als Wasser, folglich ist die Flüssigkeit x/y mal schwerer als Wasser.

Die bequemste Methode der Bestimmung des specifischen Gewichtes von Flüssigkeiten ist diejenige mit Hülfe von Aräometern. Für diese Verwendung giebt man jedoch dem Aräometer meist eine von Fig. 112 abweichende Form.

Fig. 115.

Fig. 115 stellt ein sogenanntes Scalenaräometer dar, wie es zur specifischen Gewichtsbestimmung angewendet wird.

Ein Scalenaräometer ist folgendermaassen eingerichtet:

Ein Glascylinder ist mit einer kleinen Kugel verbunden, in der sich etwas Quecksilber befindet, um den Schwerpunkt des Apparates tief zu legen und die Stabilität des Schwimmens zu sichern; ausserdem trägt er eine längere Glasröhre, auf welcher eine Theilung angebracht ist. In Wasser sinkt ein solches Aräometer bis zum Theilstrich 100 ein, es wird dann speciell Volumeter genannt und es bildet dieser Scalentheil den Ausgangspunkt. Die Eintheilung von 0—100 geht von unten nach oben bei Flüssigkeiten, die schwerer als Wasser, und von oben nach unten bei Flüssigkeiten die leichter als Wasser sind. Die Eintheilung der Scala von diesem Punkte aus ist nun keine ganz willkürliche, sondern man wählt die Entfernungen so gross, dass der zwischen zwei Theilstrichen liegende Raum etwa ein Hundertstel des Volumens des ganzen Aräometers ist. Sinkt z. B. das Aräometer in eine Flüssigkeit bis zum Theilstrich 50 ein, der unter 100 liegt, so ist nur die Hälfte des Volumens des Aräometers unter Wasser. Das specifische Gewicht der Flüssigkeit muss also = 2 sein, d. h. doppelt so gross als das des Wassers. Ueberhaupt findet man das specifische Gewicht aus dem Verhältniss $\frac{100}{x}$, wo x den Theilstrich bedeutet bis zu dem das Aräometer in die betreffende Flüssigkeit einsinkt.

Das Gay-Lussac'sche Volumeter ist eingerichtet wie eben beschrieben.

Am praktischsten sind diejenigen Aräometer, bei welchen direct das specifische Gewicht, statt des Scalentheiles, auf der Scala verzeichnet ist. Man hat dann einfach abzulesen.

Es sind übrigens merkwürdiger Weise mehrere verschiedene Arten von Scaleneintheilungen im Gebrauch. Die nachfolgende Tabelle ist eine vergleichende Zusammenstellung der den Scalentheilungen oder Graden der verschiedenen Aräometer entsprechenden specifischen Gewichte.

1. Tabelle.

Für Flüssigkeiten leichter als Wasser.

Grade.	Baumé.	Cartier.	Beck.
0	—	—	1,000
1	—	—	0,9941
5	—	—	0,9714
10	1,000	—	0,9444
15	0,965	0,969	0,9189
20	0,933	0,934	0,8947
25	0,903	0,901	0,8717
30	0,875	0,872	0,8500
35	0,849	0,845	0,8292
40	0,824	—	0,8095
45	0,803	—	0,7907
50	0,784	—	0,7727
55	0,763	—	0,7556
60	0,744	—	0,7391
65	—	—	0,7234
70	—	—	0,7083

2. Tabelle.

Für Flüssigkeiten schwerer als Wasser.

Grade.	Baumé.	Beck.
0	1,000	1,0000
1	1,007	1,0059
5	1,034	1,0303
10	1,072	1,0625
15	1,113	1,0968
20	1,157	1,1333
25	1,205	1,1724
30	1,256	1,2143
35	1,312	1,2593
40	1,375	1,3677
45	1,442	1,3600
50	1,515	1,4167
55	1,596	1,4783
60	1,690	1,5454
65	1,793	1,6190
70	1,909	1,7000

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes von Flüssigkeiten hat häufig dadurch Werth, dass man aus dem specifischen Gewicht auf die Zusammensetzung einen Schluss ziehen kann.

Die specifischen Gewichte der verdünnten Säuren, der verdünnten Laugen sowie der Salzlösungen geben uns Kenntniss von dem Gehalt der Flüssigkeit an reiner Säure, Base oder Salz. Es sind, um die Gehaltsbestimmung einer solchen Lösung aus dem specifischen Gewichte bequem vornehmen zu können, Tabellen aufgestellt worden, welche die Beziehung der specifischen Gewichte zur Concentration der betreffenden Lösung enthalten. Die Zahlen dieser Tabellen sind durch besondere Versuche ermittelt worden. Sehr häufig wird z. B. das specifische Gewicht eines verdünnten Alkohols zu seiner Gehalts- und demnach Werthbestimmung er-

mittelt. Man hat hierzu eigene Aräometer construirt, welche direct die dem betreffenden specifischen Gewichte entsprechenden Alkoholprocente, entweder dem Gewichte oder dem Volumen nach, angeben. Solche Aräometer werden Alkoholometer genannt.

Die nachfolgende Tabelle enthält die Beziehungen zwischen Volumprocenten, Gewichtsprocenten und specifischen Gewichten eines verdünnten Alkohols.

Volumproc.	Gewichtsprocente.	Spec. Gew. bei 15,6° C.	Volumproc.	Gewichtsprocente.	Spec. Gew. bei 15,6° C.	Volumproc.	Gewichtsprocente.	Spec. Gew. bei 15,6° C.
0	0	0,9991	34	28,13	0,9596	68	60,38	0,8941
2	1,60	0,9961	36	29,86	0,9570	70	62,50	0,8892
4	3,20	0,9933	38	31,62	0,9541	72	64,66	0,8842
6	4,81	0,9906	40	33,39	0,9510	74	66,83	0,8791
8	6,43	0,9881	42	35,18	0,9478	76	69,05	0,8737
10	8,05	0,9857	44	36,99	0,9444	78	71,31	0,8685
12	9,69	0,9834	46	38,82	0,9409	80	73,59	0,8631
14	11,33	0,9812	48	40,66	0,9373	82	75,91	0,8575
16	12,98	0,9791	50	42,52	0,9335	84	78,29	0,8518
18	14,63	0,9771	52	44,42	0,9295	86	80,71	0,8458
20	16,28	0,9751	54	46,32	0,9254	88	83,19	0,8397
22	17,95	0,9731	56	48,26	0,9213	90	85,75	0,8332
24	19,62	0,9710	58	50,21	0,9170	92	88,37	0,8265
26	21,30	0,9689	60	52,20	0,9126	94	91,07	0,8194
28	22,99	0,9668	62	54,21	0,9082	96	93,89	0,8118
30	24,69	0,9646	64	56,22	0,9036	98	96,84	0,8034
32	26,41	0,9622	66	58,27	0,8989	100	100,00	0,7939

Bestimmung des specifischen Gewichtes der Dämpfe.

Wir haben in der Einleitung zur zweiten Abtheilung dieses Werkes gesehen, welchen Werth die Kenntniss des specifischen Gewichtes der Körper im Dampfzustand hat, da nur aus dieser Kenntniss mit Sicherheit das Moleculargewicht einer Substanz erschlossen werden kann.

Die specifischen Gewichte der Gase werden nach Methoden bestimmt, denen dieselben Principien zu Grunde liegen, wie diejenigen, welche bei der Dampfdichtebestimmung angewandt werden.

Es ist nun vorauszuschicken, dass die Bestimmung des specifischen Gewichtes der Dämpfe stets bei solchen Temperaturen vorgenommen werden muss, bei welchen die Dämpfe in den Zustand vollkommener Gase übergegangen sind, weil sich nur aus Zahlen, welche so erhalten sind, Schlüsse auf das Moleculargewicht einer Substanz ziehen lassen.

Es sind im Wesentlichen drei Methoden, nach denen die Dampfdichte der Körper bestimmt wird.

1. Methode von Dumas.

Ein kleiner Glasballon, B, Fig. 116, der etwa 200—300 CC. fasst, wird mit trockner Luft gefüllt gewogen. Dieses Gewicht sei B, die herrschende Temperatur t^0 und der Barometerstand b. Man bringt in denselben die Flüssigkeit, deren Dampfdichte man bestimmen will und senkt denselben hierauf in das Bad, welches nun erhitzt wird und zwar auf eine Temperatur, welche etwa 30—50° C. höher ist als der Siedepunkt der Substanz. Ein gleichfalls eingesenktes Thermometer D zeigt die Temperatur des Bades. Die Flüssigkeit beginnt nun zu sieden, der entstehende Dampf vertreibt die Luft aus dem Ballon und füllt denselben an. Ist alle Flüssigkeit verdampft, was man daran erkennt, dass keine Dämpfe mehr aus der feinen Spitze entweichen, so schmilzt man den Ballon zu und notirt die augenblickliche Temperatur t'^0 und den Barometerstand b'. Hierauf lässt man den Ballon erkalten und wägt ihn mit dem Dampfe; das Gewicht sei B'.

Fig. 116.

Das Volumen des Ballons bestimmt man hierauf in der Weise, dass man die Spitze desselben unter Quecksilber abbricht und dadurch das Aufsteigen des Quecksilbers in den Ballon und die Anfüllung desselben mit Quecksilber bewirkt; dieses Quecksilber giesst man in einen graduirten Cylinder und misst sein Volumen; dasselbe sei V.

Es handelt sich nun darum, das Gewicht des Dampfes zu finden. Erstens haben wir dazu nöthig das Gewicht des leeren Ballons B^0. Dasselbe ist $= B - p$, wo p das Gewicht des Volumens V der Luft bei t^0 und b Druck bedeutet. Zieht man $B - p$, das Gewicht des leeren Ballons, von B ab, so erhält man das Gewicht des Dampfes. Dieses Gewicht sei p';

$$p' = B' - (B - p).$$

Dieses Gewicht p' hat übrigens das Volumen V des Dampfes nur bei t'^0 und b' Druck; will man also sein specifisches Gewicht finden, so muss man p' dividiren durch p'', das Gewicht des Volumens V der Luft bei t'^0 und b' Druck, also

$$S = \frac{p'}{p''} \text{ oder } S = \frac{B' - (B - p)}{p''}$$

wo S das specifische Gewicht bedeutet. Setzt man die Werthe

für p und p″ in die Gleichung ein, so kann man, da B und B′ beobachtet werden, S berechnen.

p ist aber das Gewicht von V CC. Luft bei t⁰ und b Druck folglich $p = aV \frac{b}{760(1+\alpha t'^0)}$ nach Gleichung XX, pag. 640. Denn a bedeutet das Gewicht von 1 CC. Luft bei 0⁰ und 760^{mm}. p″ ist das Gewicht von V CC. Luft bei t′⁰ und b′ Druck, folglich

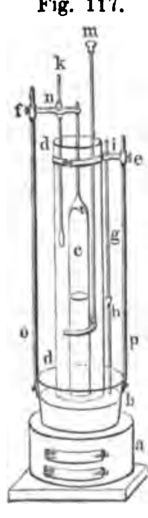
$$p'' = a\ V \frac{b'}{760(1+\alpha t'^0)}.$$

In diesen beiden Ausdrücken sind nur Grössen enthalten, welche wie a und α constant sind oder wie b und t⁰, und b′ und t′⁰, durch den Versuch ermittelt werden.

2. Methode von Gay-Lussac.

Die betreffende Flüssigkeit wird in ein kleines dünnwandiges Glaskügelchen gefüllt, welches vor und nach der Füllung gewogen wird und vollständig mit der Flüssigkeit angefüllt sein muss. Das Gewicht der Flüssigkeit, welche vollständig verdampft wird, und mithin auch das Gewicht des Dampfes, sei p. Man bringt dieses Kügelchen in eine graduirte und ganz mit Quecksilber angefüllte Röhre c, Fig. 117. Diese Röhre ist unten offen und durch Quecksilber abgesperrt; sie befindet sich ausserdem in einer weiteren Röhre, welche mit Wasser gefüllt ist; das Wasser kann von unten erwärmt, und seine Temperatur durch ein eingehängtes Thermometer jederzeit ermittelt werden. Die Krücke m bewirkt durch Auf- und Abschieben eine innige Vermischung aller Wasserschichten, wodurch die Temperatur überall gleich hoch gehalten wird. Das Gefäss b enthält Quecksilber, es trägt zwei Stativstäbe, o und p, welche ihrerseits mittelst der Arme e und f den äusseren Cylinder d und den inneren Cylinder c halten. Der Arm e trägt ferner noch einen von unten an in Millimeter getheilten Eisenstab g, auf welchem ein Schieber h mit geringer Reibung gleitet.

Fig. 117.



Sobald man zu erwärmen beginnt, wird das kleine Kügelchen zersprengt werden, es verdampft die Flüssigkeit, das Quecksilber im Cylinder c wird sinken und, nachdem alle Flüssigkeit verdampft ist, eine bestimmte Stellung angenommen haben. Man liest alsdann die Temperatur t⁰ ab, taucht den Eisenstab g so tief ein, dass seine untere Spitze gerade das Niveau des Quecksilbers in b berührt und stellt den Schieber h genau nach

der Höhe des Quecksilbers in c; gleichzeitig liest man das Volumen des Dampfes in c ab. Dasselbe sei V. Der herrschende Druck b. Aus diesen Daten lässt sich das specifische Gewicht berechnen.

p Gramm Flüssigkeit nehmen nämlich bei t^0 und (b — h) Druck V CC. ein; ein gleiches Gewicht Luft nimmt bei t^0 und (b—h) Druck V' CC. ein. Dividirt man V' durch V, so erhält man das specifische Gewicht S des Dampfes; also

$$S = \frac{V'}{V} . \text{ V' ist aber gleich } \frac{p\ 760\,(1 + \alpha t^0)}{a\ (b - h)};$$

denn V'', das Volumen, welches p Gramm Luft bei 0^0 und 760^{mm} einnähme, ist bei t^0 und (b—h) Druck nach Gleichung XX. pag. 640 $= V' \frac{(b - h)}{760\,(1 + \alpha t^0)}$, folglich, da $a V'' = p$, hat V' den obigen Werth.

Man kann übrigens auch anders berechnen und sagen:

V CC. Dampf wiegen p Gramm, V CC. Luft bei t^0 und (b—h) Druck wiegen p'. Dann ist $S = \frac{p}{p'}$; p' ergiebt sich aus der Gleichung $p' = a V \frac{b - h}{760\,(1 + \alpha t^0}$.

Die schliesslichen Ausdrücke für S sind also in beiden Fällen

$$S = \frac{p . 760 . (1 + \alpha t^0)}{a\ V . (b - h)}.$$

Dass (b — h) der Druck ist, unter dem der Dampf steht, ergiebt sich aus Folgendem: Dem Atmosphärendruck wird das Gleichgewicht gehalten durch die Quecksilbersäule von h^{mm} Höhe plus der Tension des Dampfes, folglich, da b der Atmosphärendruck ist, ist $b = h + x$, wo x die Tension des Dampfes bedeute, folglich $x = b - h$.

3. Methode von Hofmann.

Hofmann bestimmt die Dampfdichte nach demselben Princip wie Gay-Lussac. Er wendet jedoch statt der Röhre c Fig. 117 eine Barometerröhre an, in deren leerem Raum die Verdampfung vorgenommen wird. Um die Substanz zu verflüchtigen, umgiebt er diesen Theil der Barometerröhre mit einer weiteren Röhre und lässt durch den Zwischenraum Dämpfe hochsiedender Körper streichen. Ein Thermometer giebt jederzeit die Temperatur an. Im Uebrigen wird genau so verfahren wie bei der Gay-Lussac-schen Methode. Man hat bei Hofmanns Verfahren den Vortheil, erstens höhere Temperaturen anwenden zu können als die Siedetemperatur des Wassers, und zweitens, die Flüssigkeiten im leeren Raum verdampfen zu können.

Dritter Theil.

Optische Erscheinungen.

Fortpflanzung des Lichtes.

Eine bestimmte Beschaffenheit der Materie nennt man leuchtend. Leuchtende Körper strahlen Licht aus und zwar nach allen Seiten. Ein nicht leuchtender Körper kann durch Erhitzen leuchtend gemacht werden. Glühende Körper leuchten um so heller, je höher ihre Temperatur. Leuchtende Körper senden Lichtstrahlen oder Lichtstrahlenbündel aus. Das Licht pflanzt sich mit grosser Geschwindigkeit nicht allein durch den leeren Raum, sondern auch durch Räume, welche von gewisser Materie gefüllt sind, fort. Diejenigen Körper, welche nicht selbst leuchten und Licht nicht durchlassen, nennt man undurchsichtig. Im Gegensatz hierzu versteht man unter durchsichtigen Körpern solche Körper, welche dem Lichte den Durchgang gestatten. Zwischen den völlig undurchsichtigen und den völlig durchsichtigen Körpern wie Glas, Wasser und die Gasarten, liegen eine Menge verschiedener Abstufungen, welche man mehr oder weniger durchscheinend nennt, wie matt geschliffenes Glas. Undurchsichtigkeit und Durchsichtigkeit sind jedoch von der Dicke der zu durchdringenden Lage der Substanz abhängig. Sehr dünne Schichten sogen. undurchsichtiger Körper können durchscheinend sein und sehr dicke Schichten sogen. durchsichtiger Körper können durchscheinend oder gar undurchsichtig sein.

Das Licht pflanzt sich mit einer Geschwindigkeit von 24,220 geographischen Meilen in der Sekunde fort und zwar immer nur in gerader Richtung.

Das von einem Punkte S, Fig. 118, ausgestrahlte Licht wird daher nur die nicht in dem dunkel angelegten Theile befindlichen Punkte treffen können, wenn der kreisförmige Körper undurch-

sichtig ist. Alle hinter dieser Kugel liegenden Punkte werden dunkel bleiben.

Kommt dagegen Licht von einer grösseren Fläche, etwa einer Scheibe A, Fig. 119, so werden die rechts von B liegenden Punkte

Fig. 118.

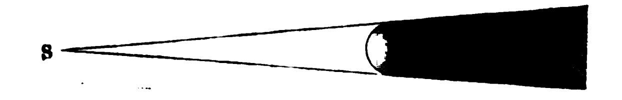
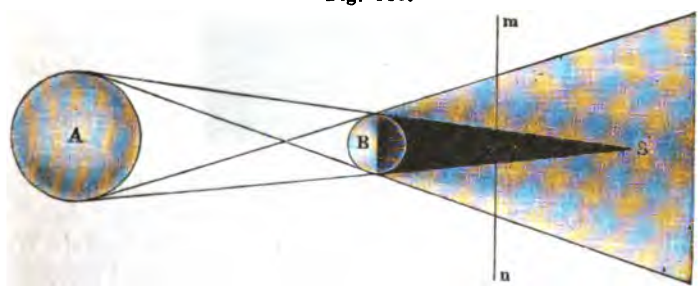
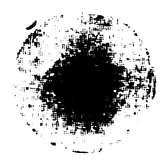


Fig. 119.



zum Theil ganz beleuchtet, zum Theil nur unvollständig, zum Theil gar nicht. Alle Punkte der Fläche m n (die hier als Linie erscheint), welche in dem dunklen Kegel liegen, sind vollständig dunkel, denn kein Lichtstrahl, der von A kommt, wird diesen Theil treffen können; alle Punkte der Fläche m n, welche in dem Theile zwischen dem dunklen Kegel und der äussersten Linie liegen, werden nur von einem Theile von A bestrahlt werden können; während alle Punkte ausserhalb der beiden äussersten Linien von der ganzen Fläche A bestrahlt werden. Die nicht bestrahlten Theile befinden sich im Schatten. Die dunkle Stelle rechts von B nennt man den Schatten, und zwar den innersten dunklen Kegel den Kernschatten, und die nur unvollständig bestrahlten Theile den Halbschatten. Die Fläche m n sieht von vorn so aus, wie es Fig. 120 darstellt. Der Halbschatten ist nicht überall gleich hell, sondern in der Nähe des Kernschattens am dunkelsten, nach aussen allmälig heller werdend.

Fig. 120.

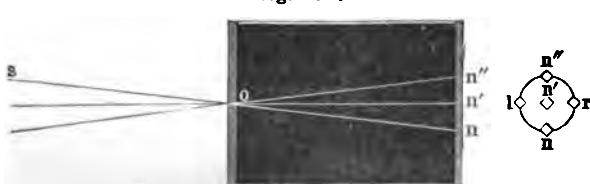


Lässt man Licht durch eine kleine Oeffnung in eine dunkle Kammer, so wird auf der der Oeffnung gegenüberliegenden Wand ein heller Fleck sichtbar sein, der um so grösser ist, je weiter diese Wand von der Oeffnung entfernt ist, wenn die Lichtstrahlen senk-

recht oder nahezu senkrecht zu dieser Wandfläche sich fortbewegen. Das Bild, welches bei einiger Entfernung der Wand von der Oeffnung deutlich erscheint, wird gerade umgekehrt das Bild des Körpers darstellen, von dem das Licht ausging. Aus Fig. 121 wird dies klar.

Strahlt Licht von der Sonne durch die viereckige Oeffnung in den Kasten, so wird der vom obersten Rand der Sonne kommende Strahl die Richtung s o n, nehmen und eine viereckige Stelle n beleuchten; der von dem untersten Rand der Sonne kommende

Fig. 121.



Strahl wird bei n'' ein viereckiges Stück Rand beleuchten. Das Bild 1 wird auf dieser Wand dadurch erzeugt werden, dass von allen Stellen der Sonnenscheibe Lichtstrahlen auf die hintere Wand des Kastens fallen und dass alle diese Strahlen kleine Vierecke beleuchten, welche zusammen eine kreisförmig erscheinende Fläche bilden. Bei genauerer Ueberlegung wird man finden, dass das Sonnenbild an der Wand des dunklen Raumes verkehrt sein muss.

Die Helligkeit oder Intensität des Leuchtens eines Körpers ist sehr verschieden. Aber sie erscheint dem Auge auch nicht an allen Stellen gleich. Die Intensität des Lichtes, welches ein Körper empfängt, ist um so geringer, je weiter der bestrahlte Körper von der Lichtquelle entfernt ist. Während die von einer Lichtquelle ausgestrahlte Lichtmasse dieselbe ist, wenn ein bestrahlter Körper nah oder entfernt sich befindet, ist doch die dem bestrahlten Körper zu Gute kommende Lichtmenge sehr verschieden, und deshalb auch die Intensität der Beleuchtung ebenso verschieden, und zwar um so geringer, je weiter entfernt der beleuchtete Körper von der Lichtquelle ist. Die einem Körper zu Gute kommende Lichtmenge nennt man die Intensität der Erleuchtung.

Die Intensität der Erleuchtung nimmt ab mit dem Quadrat der Entfernung.

Apparate, welche dazu bestimmt sind, die Intensität zweier Lichtquellen zu vergleichen, nennt man Photometer.

Reflexion des Lichtes.

Lichtstrahlen, welche auf eine polirte Metallfläche fallen, werden reflectirt. Bringt man an die hintere Wand eines Zimmers eine polirte Metallplatte und lässt durch eine feine Oeffnung im Laden des Fensters einen feinen Lichstrahlenbündel einfallen, so wird nicht allein auf der polirten Metallplatte, sondern auch auf einer dieser Platte gegenüberliegenden Wand ein heller Fleck erscheinen. Die Richtung des auf die polirte Metallplatte fallenden Strahles und die Richtung des reflectirten Strahles, welcher den zweiten hellen Fleck hervorbringt, stehen in fester Beziehung.

Fig. 122 zeigt uns die Richtung des reflectirten Strahles, im Verhältniss zu der des einfallenden Strahles. Eine ebene, ruhige Wasserfläche verhält sich gegen Lichtstrahlen wie eine polirte Metallplatte. Ein Lichtstrahl f fällt bei B auf eine ebene Wasserfläche auf; den Winkel i, der seine Richtung mit der auf der Wasserfläche senkrechten Linie p macht, nennt man den Einfallswinkel. Leicht lässt sich die Richtung und Lage des reflectirten Strahles finden, da der Winkel r, der Ausfallswinkel des reflectirten Strahles, dem Einfallswinkel gleich ist, und B die Stelle bezeichnet, bei welcher der reflectirte Strahl die ebene Wasserfläche verlässt; folglich ist d der reflectirte Strahl. Jeder Körper, welcher Lichtstrahlen reflectirt, wird ein Spiegel genannt.

Fig. 122.

Jeder Körper reflectirt mehr oder weniger vollständig die auf ihn fallenden Lichtstrahlen. Diesem Umstande verdanken wir die Möglichkeit, auch nicht selbst leuchtende Körper sehen zu können, da wir von den Körpern nur mit Hülfe der von ihnen reflectirten Lichtstrahlen, welche unser Auge treffen, Eindrücke empfangen. Jeder sichtbare Körper strahlt also Licht aus, und die meisten überdies nur solches, was sie durch Bestrahlung von eigentlichen Lichtquellen empfangen haben.

Reflexion auf ebenen Spiegeln. Ein ebener Spiegel zeigt von den Gegenständen, die so zu ihm gestellt sind, dass die von den Gegenständen ausgehenden Lichtstrahlen seine Ebene treffen, Bilder, die mit dem Gegenstande symmetrisch sind.

mm' Fig. 123 sei ein Spiegel; L sei ein leuchtender Punkt; dieser Punkt sendet Strahlen aus nach mm', welche diese Fläche

an verschiedenen Stellen, i und i', treffen. Diese Strahlen werden nach der Richtung i c und i' c' reflectirt und dem in c befindlichen Auge erscheint der Lichstrahl aus dem Punkte l hinter der Spiegelfläche herkommend; das Auge sieht an dieser Stelle das Bild des leuchtenden Punktes. Fiele nur ein Strahl von L auf m m', so könnte man nicht wahrnehmen, von welchem Punkte der Linie i l der reflectirte Strahl ausgeht; da jedoch von L aus viele Strahlen den Spiegel treffen, deren rückwärts verlängerte Reflexionslinien sich alle in einem Punkte treffen, wie dies aus den beiden Linien l i und l i' ersichtlich ist, so ist der Punkt l fixirt, denn l i und l i' treffen sich in l.

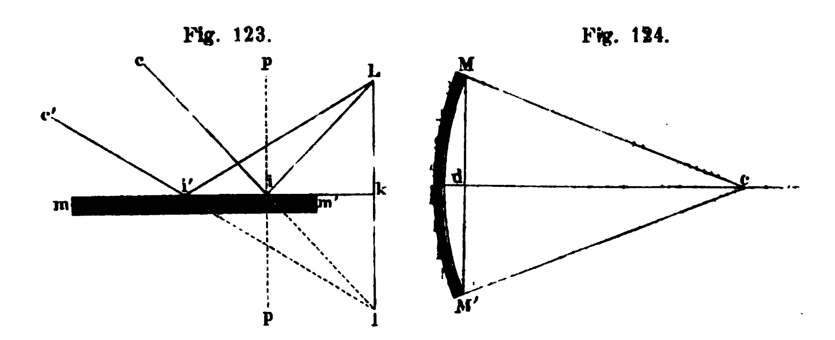


Fig. 123. Fig. 124.

Auf diese Eigenschaft spiegelnder Flächen und des Lichts gründet sich die Einrichtung einer grossen Anzahl von verschiedenen Apparaten.

Reflexion auf gekrümmten Spiegeln. Ein Lichtstrahl, der eine gekrümmte Fläche trifft, wird gerade so reflectirt, als ob er die Tangentialebene dieser Fläche an dem Berührungspunkte getroffen hätte. Alle vom Mittelpunkte einer Kugel ausgehenden Lichtstrahlen werden, wenn die innere Kugelfläche die spiegelnde ist, nach dem Centrum reflectirt.

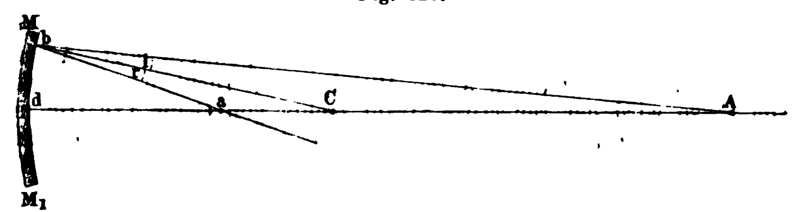
Gekrümmte Spiegel, von denen wir nur die sphärischen im Auge halten wollen, d. h. solche Spiegelflächen, welche ein Stück einer Kugelfläche sind, können entweder concav oder convex sein.

Reflexion auf concaven Spiegeln oder Hohlspiegeln. Ein concaver Spiegel ist ein in den hohlen Seiten polirtes Kugelflächensegment. Fig. 124 zeigt die Form eines concaven Spiegels. M M' ist der Spiegel. Die Linie c d heisst die **Axe**, und der Winkel, welchen c d mit c M macht, die **Oeffnung** des Spiegels; c ist der Mittelpunkt der Krümmung.

Geht von einem Punkte A, Fig. 125, der sich auf der Axe

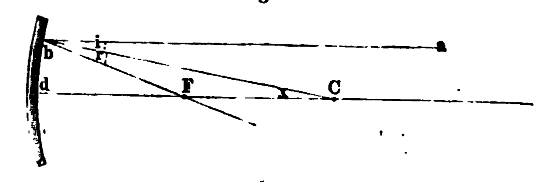
c d eines Hohlspiegels $M M_1$ befindet, dessen Mittelpunkt in C liegt, ein Lichtstrahl aus, der den Spiegel in b trifft, so wird die Richtung des reflectirten Strahles leicht zu finden sein. Diese Richtung muss mit den Linien C b denselben Winkel machen wie A b. Mithin wird a b die Richtung des reflectirten Strahles andeuten. Es ist nun leicht einzusehen, dass alle von A ausgehenden Lichtstrahlen, welche den Spiegel an Stellen treffen, welche gleichweit von d entfernt sind, reflectirte Strahlen geben müssen, welche sich in a schneiden. a wird ferner auf der Axe des Hohlspiegels liegen müssen.

Fig. 125.



Alle parallel der Spiegelaxe einfallenden Strahlen werden nach einem Punkte reflectirt, wenn die Krümmung des Spiegels keine allzubedeutende ist. Der Lichtstrahl a b, Fig. 126, wird nach F reflectirt, F liegt näher in der Mitte zwischen c und d. Je kleiner nun der Winkel i ist, desto genauer liegt F in der Mitte zwischen c und d. Es lässt sich dieser Satz mit Hülfe einfacher trigonometrischer Beziehungen leicht beweisen.

Fig. 126.

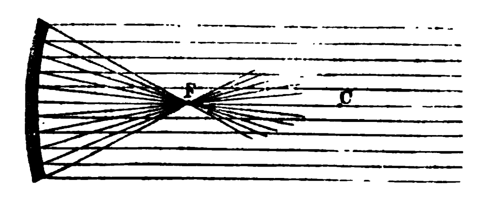


i ist um so kleiner, je näher a b an der Axe liegt. Bei allen Strahlen, welche mit C b einen Winkel grösser als 10° bilden, ist die Abweichung der Lage von F von der Mitte zwischen c und d bemerklich. Der Punkt F wird Brennpunkt oder Focus genannt.

Fig. 127 zeigt die Vereinigung aller in einem gewissen Raum der Spiegelfläche einfallenden parallelen Strahlen im Focus. Solche Strahlen werden centrale Strahlen genannt.

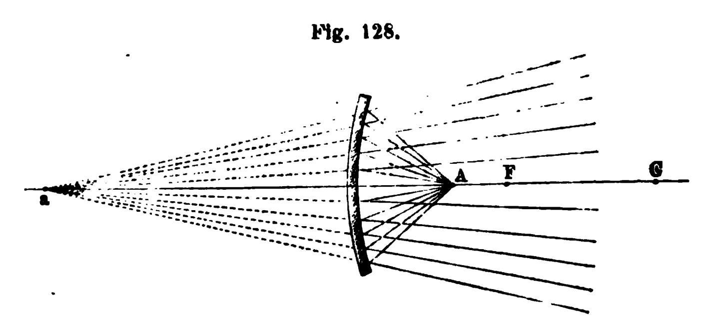
Betrachten wir nun die Erscheinungen, welche eintreten, wenn

Fig. 127.



die einfallenden Strahlen nicht parallel der Axe gerichtet sind. Ein leuchtender Punkt A, Fig. 125, wird nach a reflectirt; a liegt in der Mitte zwischen dem Focus und dem Mittelpunkt; je näher A am Mittelpunkt, desto näher auch a am Mittelpunkt; liegt A im Mittelpunkt, so ist auch a im Mittelpunkt; rückt A nach links von C, so wird der reflectirte Strahl rechts von C die Axe treffen; ist z. B. a der leuchtende Punkt, so ist A der reflectirte Punkt; liegt der leuchtende Punkt zwischen Focus und Spiegel, so divergiren die reflectirten Strahlen und es scheint der leuchtende Punkt hinter dem Spiegel zu liegen. Fig. 128 zeigt diesen Fall.

Fig. 128.



A ist der leuchtende Punkt, F der Focus und C der Mittelpunkt. Die sechs Fälle sind: 1) Der leuchtende Punkt liegt unendlich weit entfernt auf der Axe, seine Strahlen gehen parallel der Axe und werden im Focus reflectirt; 2) der leuchtende Punkt rückt auf der Axe näher, der reflectirte Punkt entfernt sich vom Focus und rückt nach dem Mittelpunkt; 3) im Mittelpunkt fallen leuchtende und reflectirte Punkte zusammen; 4) der leuchtende Punkt rückt näher zum Focus, der reflectirte Punkt entfernt sich vom Mittelpunkte und vom Spiegel; 5) der leuchtende Punkt liegt im Focus, der reflectirte Strahl trifft die Axe im Unendlichen, d. h. er geht parallel der Axe; 6) der leuchtende Punkt liegt zwischen Focus und Spiegel, die reflectirten Strahlen divergiren. Diese Erscheinungen sind in den Figuren 125, 126, 128 dargestellt.

Die Figuren 129 und 130 zeigen, in welcher Weise die Spiegelbilder der Hohlspiegel beschaffen sind. Die Zeichnungen bedürfen keiner weiteren Erläuterungen.

Fig. 129.

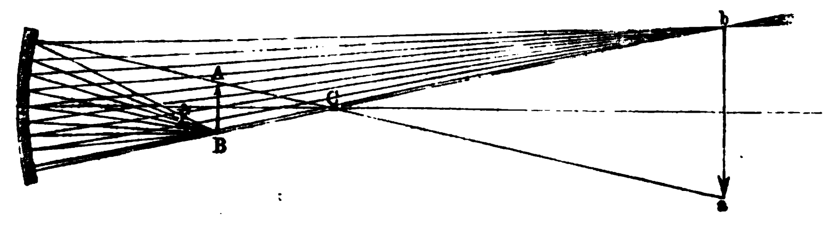
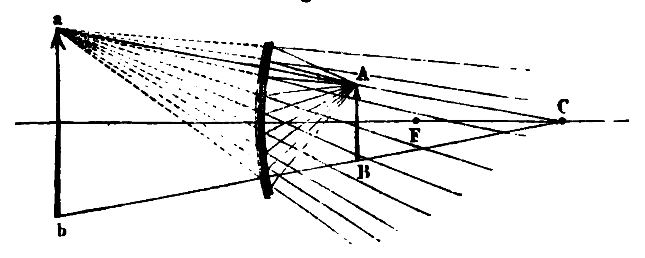


Fig. 130.



Convexspiegel. Dem Brennpunkt der Concavspiegel entspricht der Hauptzerstreuungspunkt der Convexspiegel. Parallele Strahlen, welche einen Convexspiegel treffen, werden durch

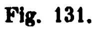
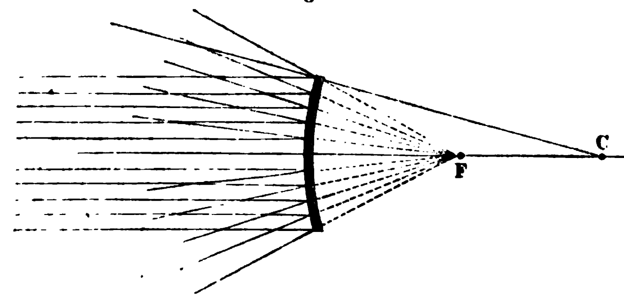


Fig. 131.

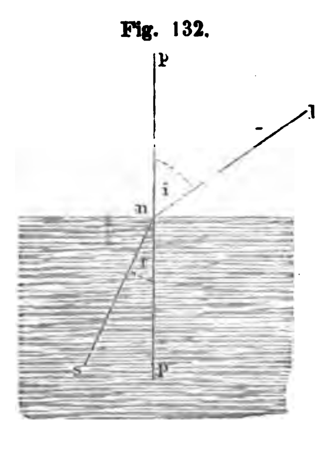


Reflexion zerstreut, so wie es Fig. 131 zeigt. F ist der Hauptzerstreuungspunkt.

Brechung des Lichtes.

Brechung auf ebenen Flächen. Fällt ein Lichtstrahl, in Fig. 132, auf eine ebene Wasserfläche, so wird er zum Theil

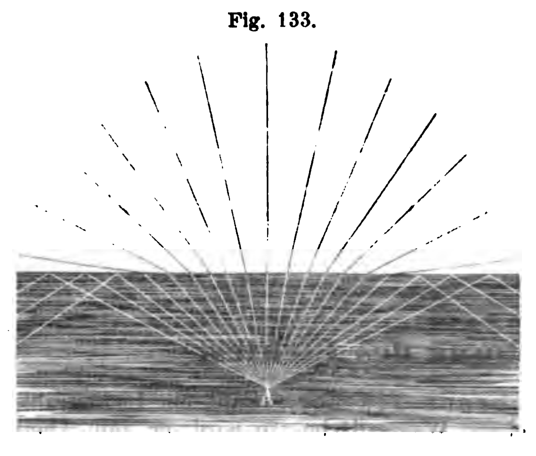
Fig. 132.



reflectirt, zum anderen Theil dringt er in das Wasser, welches zu den durchsichtigen Körpern gehört, ein, pflanzt sich jedoch nicht in der früheren Richtung fort, sondern von der Eintrittsstelle an ist seine Richtung eine andere. Statt in der Verlängerung der Linie l n zu liegen, fällt seine Richtung mit der Linie n s zusammen. Der Lichtstrahl l n wird also bei seinem Eintritt in das Wasser gebrochen. Die Verticale p P′ mit dem Wasserspiegel wird das Einfallsloth genannt, i heisst der Einfallswinkel und r der Brechungswinkel. Die Ebene, welche durch p n und l n bestimmt wird, ist die Einfallsebene, und diejenige, welche durch p n und s n bestimmt wird, die Brechungsebene. Die Brechungsebene fällt bei der zunächst zu betrachtenden einfachen Brechung stets mit der Einfallsebene zusammen. Die Sinus des Einfalls- und des Brechungswinkels stehen bei demselben brechenden Mittel in constantem Verhältnisse.

Das Sinusverhältniss des Einfallswinkels und des Brechungswinkels wird der Brechungscoëfficient des brechenden Mittels genannt, wenn der Lichtstrahl aus Luft in das brechende Mittel eintritt. Der Brechungscoëfficient des Wassers ist 1,34, der des Glases 1,53. Tritt ein Lichtstrahl aus Wasser in Glas, so wird der Brechungscoëfficient des Glases sein: $\frac{1,53}{1,34} = 1,14$.

Fig. 133.



Aus dem genannten Sinusgesetz lässt sich leicht beweisen, dass Lichtstrahlen nicht mit jedem Einfallswinkel beim Auffallen auf einen durchsichtigen Körper gebrochen werden; sondern dass Strahlen von bestimmten Einfallswinkeln vollständig reflectirt werden müssen.

Es sei A, Fig. 133, ein leuchtender Punkt

im Inneren einer Wassermasse; derselbe sendet ein divergirendes Strahlenbündel aus; die Strahlen treffen die Oberfläche. Der senkrecht zur Oberfläche gerichtete Strahl wird ungebrochen austreten, denn da sein Einfallswinkel gleich 0 ist, muss auch sein Brechungswinkel gleich 0 sein; die anderen Strahlen ringsum dagegen werden gebrochen und bilden ein stärker divergirendes Strahlenbündel als dasjenige im Wasser; diejenigen Strahlen jedoch, welche die Wasseroberfläche unter einem gewissen Winkel treffen, kommen nicht nach aussen, sondern werden nach innen reflectirt, wie dies in der Figur ersichtlich ist.

Der Einfallswinkel solcher Strahlen, welche reflectirt werden müssen, wird der Grenzwinkel genannt. Derselbe ist verschieden wie der Brechungscoëfficient, je nach der Natur der brechenden Substanz, und abhängig vom Brechungscoëfficienten. Stellt n den Brechungscoëfficienten dar, so ist $\frac{1}{n}$ der Sinus des Grenzwinkels. Der Grenzwinkel beim Uebergang aus Luft ist für Wasser 48° 35′, für Crownglas 40° 19′. Es ist ersichtlich, dass, je grösser der Brechungscoëfficient einer Substanz, desto kleiner der Grenzwinkel ist.

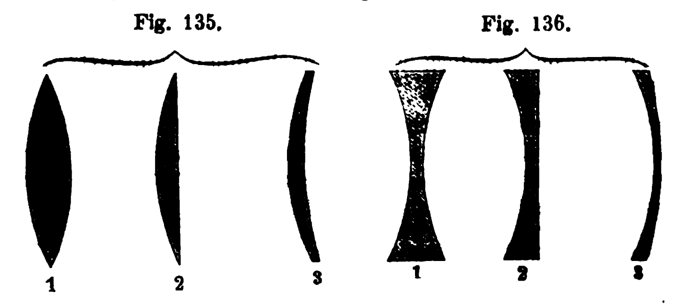
Trifft ein Lichtstrahl s, Fig. 134, die Wand eines Glasprisma's a b c vertical bei t, so wird a ungebrochen durch die Glasmasse bis u vordringen; dort wird er wieder austreten können oder, im Falle sein Einfallswinkel bei u den Grenzwinkel erreicht oder grösser ist, total reflectirt werden. Der Grenzwinkel für Crownglas ist 40° 19′; ist der Winkel b a c, der so gross ist wie der Einfallswinkel, gleich 40° 19′, so wird der Lichtstrahl total reflectirt. In unserer Zeichnung ist derselbe 45°, also grösser als der Grenzwinkel; der Strahl s u wird folglich total reflectirt und bei v das Prisma verlassen, seine nunmehrige Richtung wird in unserem speciellen Falle senkrecht auf seiner anfänglichen Richtung stehen.

Fig. 134.

Brechung durch Linsen. Linsen sind durchsichtige, von krumm geschliffenen Oberflächen begrenzte Körper, welche die Convergenz oder Divergenz der sie treffenden Lichtstrahlenbündel vergrössern oder verkleinern. Wir haben es nur mit sphärischen Linsen zu thun, d. h. mit Linsen, deren Flächen Kugelflächensegmente sind. Es giebt sechs verschiedene Arten von Linsen,

welche in den Figuren 135 und 136 dargestellt sind. Fig. 135, 1 ist eine biconvexe, Fig. 135, 2 eine planconvexe, Fig. 135, 3 und Fig. 136, 3 sind concav-convexe und convex-concave Linsen, Fig. 136, 1 ist eine biconcave und Fig. 136, 2 eine planconcave Linse. Die Linsen 1, 2, 3, Fig. 135, sind Sammellinsen, diejenigen in Fig. 136 Zerstreuungslinsen.

Fig. 135. Fig. 136.



Sammellinsen. Die Lichtstrahlen werden bei ihrem Durchgang durch Linsen gebrochen, und es zeigen sich hierbei ähnliche Verhältnisse, wie wir sie bei der Reflexion schon kennen gelernt haben. Wir beobachten nämlich einen Brennpunkt wie bei den Spiegeln mit concaver Oberfläche. Die Axe einer Linse hat dieselbe Bedeutung wie die Axe eines Hohlspiegels. Nicht sämmtliche Strahlen, welche parallel der Axe gerichtet sind, convergiren in einem Punkte nach dem Durchgang durch die Linse, sondern nur diejenigen, welche nicht in der Nähe des Linsenrandes durch die Linse gegangen sind. Diese Strahlen nennt man die centralen Strahlen. Alle centralen Strahlen vereinigen sich beim Durchgang durch eine Sammellinse in einem Punkt, welcher der Brennpunkt genannt wird. Der Brennpunkt planconvexer Linsen liegt weiter von der Linse entfernt, als derjenige biconvexer Linsen. Die Entfernung des Brennpunktes vom Mittelpunkt der Linse nennt man die Brennweite der Linse; die Brennweite ist abhängig vom Krümmungshalbmesser der Linse.

Die Brennweiten einer planconvexen und einer biconvexen Linse von gleichem Krümmungshalbmesser sind aus den Figuren 137 nud 138 ersichtlich.

Fig. 137.

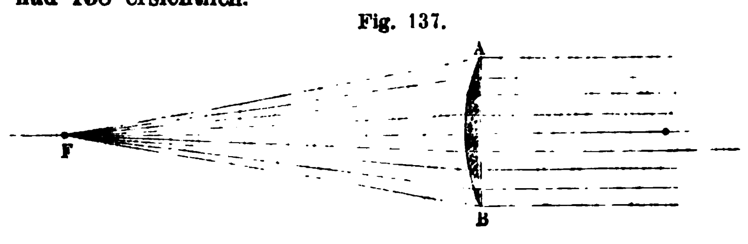
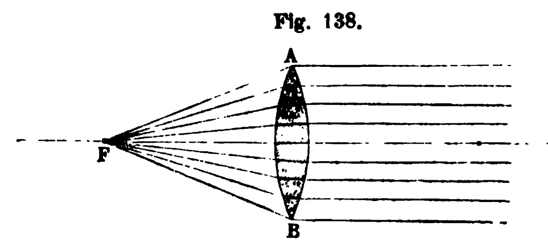
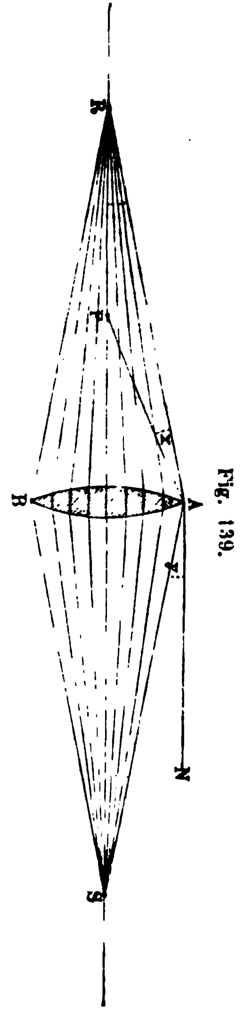


Fig. 138.




Fig. 139.

Leicht kann man durch den Versuch die Brennweite einer Linse erfahren, wenn man dieselbe so vor eine Fläche hält, dass das Sonnenlicht, durch dieselbe hindurchgehend, diese Fläche trifft. Man nähert oder entfernt die Linse soweit von der Fläche, dass ein scharf begrenztes Sonnenbild auf jener Fläche entsteht. Die Entfernung der Linse von der Fläche ist dann die Brennweite der Linse.

Sind die Strahlen, welche eine Linse treffen, nicht parallel, kommen sie z. B. von einem Punkt, der auf der Axe der Linse liegt, so ist die Lage des Punktes, in welcher sie sich sammeln, verschieden, aber jedenfalls liegt dieser Punkt auch auf der Axe, jedoch auf der anderen Seite. Ist S, Fig. 139, ein leuchtender Punkt, so sammeln sich alle von ihm auf die Linse A B fallenden Strahlen in R. Sind S und R gleich weit von der Linse entfernt, so ist die Entfernung des R von der Linse doppelt so gross als die Entfernung des Brennpunktes F von der Linse, denn dann sind die Winkel x und y gleich.

Rückt der leuchtende Punkt der Linse näher, so wird der Sammelpunkt sich entfernen; bei der Stellung des leuchtenden Punktes im Brennpunkt der Linse rechts, werden die aus der Linse austretenden gebrochenen Strahlen parallel der Axe gehen. Wir haben dann den Fall der Fig. 138, wo F der leuchtende Punkt wäre. Liegt der leuchtende Punkt zwischen dem Brennpunkt und der Linse, so divergiren die austretenden Strahlen, wie es Fig. 140 darstellt. Sie divergiren so, als kämen sie von einem leuchtenden Punkte v, der jenseits des Brennpunktes liegt.

Fig. 140.

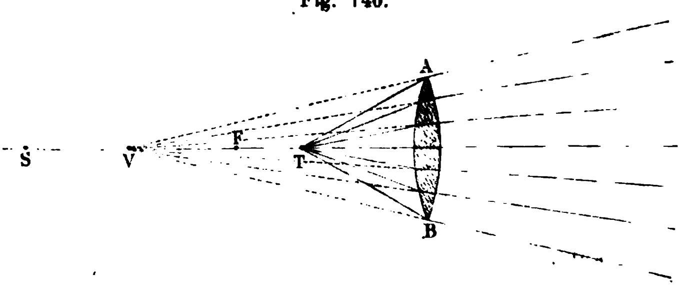
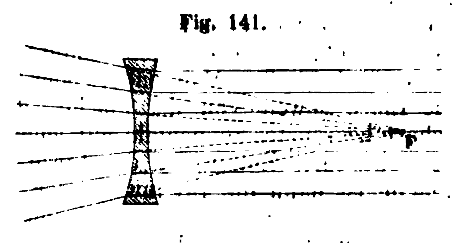
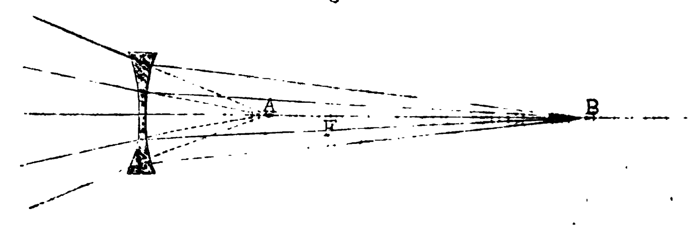


Fig. 141.



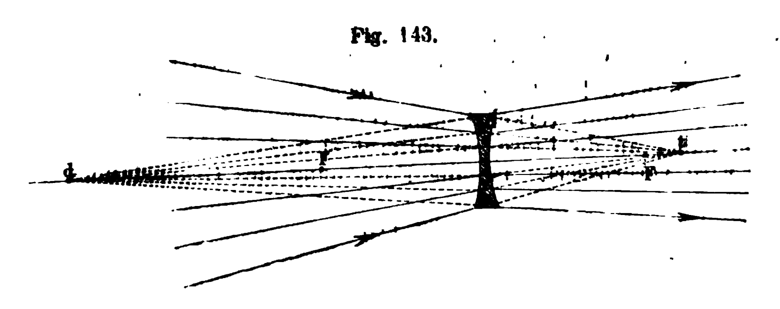
Zerstreuungslinsen, Hohllinsen. Fallen Strahlen parallel der Linsenaxe auf eine Hohllinse, so werden die austretenden Strahlen divergiren; sie scheinen von einem Punkte F, Fig. 141 zu kommen, den man den **Hauptzerstreuungspunkt** der Hohllinse nennt. Kommen dagegen die Strahlen von einem auf der Axe liegenden Punkte, divergiren sie alle schon vor dem Eintritt in die Linse, so werden sie nach dem Durchgang noch stärker divergiren und von einem Punkte A, Fig. 142, herzukommen

Fig. 142.



scheinen, der zwischen F und der Linse liegt. Wenn die Strahlen dagegen vor dem Eintritt in die Linse convergiren, so werden sie nach dem Durchgang durch die Linse entweder divergiren, parallel gehen oder convergiren können. Denken wir uns die convergirenden Strahlen durch die Linse in gerader Richtung verlängert, so erhalten wir einen Punkt d, Fig. 143, der auf der anderen Seite der Linse in der Axe liegt. Die Entfernung dieses Punktes d von der Linse, welche erstere je nach der Stärke der Convergenz der Strahlen verschieden ist, ist massgebend. 1) Liegt d im Hauptzerstreuungspunkt, so werden die austretenden Strahlen parallel gehen. Denken wir uns in Fig. 141 sei F dieser Punkt d,

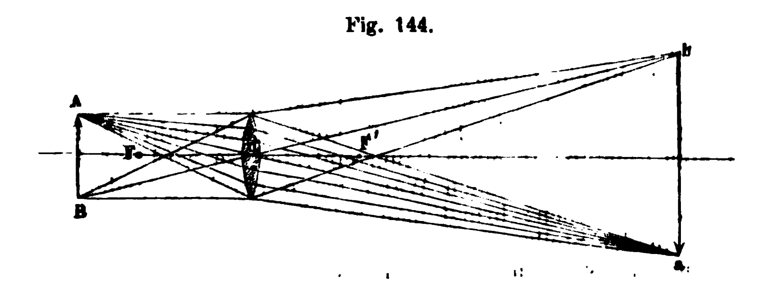
Fig. 143.



so haben wir die Vorstellung der erwähnten Fälle durch diese Figur; dann sind die convergirenden Strahlen links die einfallenden Strahlen, während die parallelen rechts die ausfallenden sind. 2) Convergiren die einfallenden Strahlen dagegen so stark, dass ihr Convergenzpunkt A, Fig. 142, zwischen der Linse und dem Hauptzerstreuungspunkt liegt, so werden die austretenden Strahlen gleichfalls convergiren. 3) Liegt der Convergenzpunkt der eintretenden Strahlen weiter von der Linse entfernt als der Hauptzerstreuungspunkt, so divergiren die austretenden Strahlen. Die von links einfallenden Strahlen, Fig. 143, convergiren nach einem Punkte t, der entfernter von der Linse ist als der Hauptzerstreuungspunkt derselben; je näher t, d. i. der Convergenzpunkt, an F heranrückt, desto weniger stark divergiren die austretenden Strahlen; liegt er in F (Fig. 141), so gehen sie parallel, und liegt er zwischen F und den Linsen (Fig. 142), so convergiren sie.

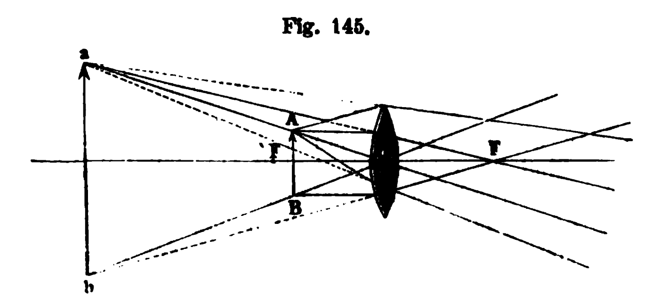
Fig. 144 und 145 zeigen in welcher Weise die durch Linsen erzeugten Bilder entstehen. A B Fig. 144 sei ein Gegenstand, welcher entfernter von der Linse liegt als der Hauptbrennpunkt F derselben. Die von A ausgehenden Strahlen werden im Punkte a jenseits der Linse zusammen gehalten; ebenso

Fig. 144.



werden die von B ausgehenden Strahlen alle in b zusammentreffen. Alle von A B ausgehenden parallelen Strahlen schneiden sich im Brennpunkte F. Das Bild des Gegenstandes A B wird a b sein. Dasselbe erscheint verkehrt und vergrössert. Rückt der Gegenstand näher an die Linse, so entfernt sich das Bild von der Linse und wird vergrössert. Ist die Entfernung des Gegenstandes von

Fig. 145.



der Linse doppelt so gross als die Brennweite der letzteren, so sind Gegenstand und Bild gleich weit entfernt und gleich gross.

Befindet sich ein Gegenstand A B innerhalb der Brennweite der Linse, Fig. 145, so entsteht kein Sammelbild, sondern es entsteht ein vergrössertes, nicht verkehrtes Bild auf derselben Seite, auf der sich der Gegenstand befindet. Diese Art von Bilder nennt man virtuelle Bilder.

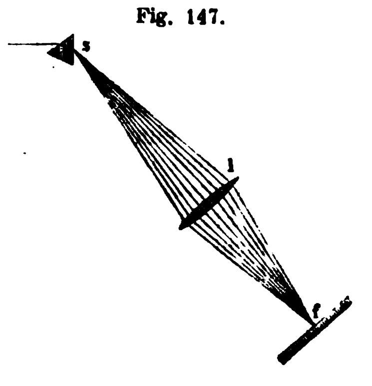
Hohllinsen geben keine Sammelbilder, sondern nur virtuelle Bilder, die stets verkleinert sind.

Prismatische Farbenzerstreuung.

Das Licht erfährt bei seinem Durchgange durch ein Prisma eine merkwürdige Veränderung. Ein Lichtstrahl, der ein weisses Bild giebt, wird bei seinem Durchgange durch ein Prisma nicht allein von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt, sondern er giebt nachher ein grösseres Bild, welches verschiedene Farben zeigt. So fein und dünn auch ein Lichtstrahlenbündel sein mag, es gelingt nicht ein farbloses Bild von ihm zu erhalten, nachdem es durch ein Prisma gegangen ist. Lässt man zu einer feinen, kreisförmigen Oeffnung b, Fig. 146, einen Lichtstrahl in der angedeuteten Richtung in einen Raum eintreten, so wird auf der der Oeffnung gegenüberliegenden Wand bei d ein kreisrunder heller Fleck erzeugt werden; bringt man jedoch ein Glasprisma vor die Oeffnung in der Stellung, in der es die Zeichnung angiebt, so erhält man bei r v einen farbigen Lichtstreifen.

Fig. 146.

Fig. 147.



Diese Erscheinung nennt man die **prismatische Farbenzerstreuung** oder **Dispersion**. Man unterscheidet in diesem farbigen Lichtstreifen, den man ein **Spectrum** nennt, sieben Farben, welche in folgender Reihenfolge neben einander liegen, in einander übergehend durch viele Nüancen: **Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett.** Diese sieben Farben nennt man einfache Farben, prismatische Farben oder Regenbogenfarben. Aus dem Verhalten des weissen Lichtes beim Durchgang durch das Prisma erschliesst man, dass dasselbe zusammengesetzt ist aus Lichtstrahlen aller verschiedenen, im Spectrum vorkommenden Farben, deren zunächst hervortretende Verschiedenheit in der Brechbarkeit liegt. Die rothen Strahlen des weissen Lichtes sind die wenigst brechbaren, die violetten die brechbarsten. Jedoch nicht nur durch ihre Farbe und Brechbarkeit sind die verschiedenen Strahlen eines weissen Lichtes unterschieden, sondern auch durch einige andere Eigenschaften, von denen noch die Rede sein soll.

Durch Vereinigung sämmtlicher Strahlen, welche das Spectrum liefern, kann man weisses Licht wieder erzeugen.

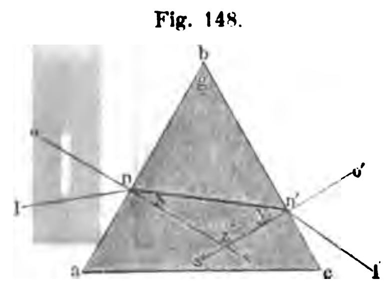
Bringt man hinter das Prisma, Fig. 146, eine Sammellinse in die geeignete Entfernung, so erhält man wieder einen weissen Punkt. Fig. 147 stellt dieses dar. Durch das Prisma S wird ein Lichtstrahl zerstreut, die Linse l sammelt die Strahlen und in f wird ein heller weisser Fleck entstehen, gerade als wäre der Lichtstrahl direct auf diese Stelle gefallen.

Gewöhnlich wendet man Glasprismen zu diesen Versuchen

an. Die Breite des Spectrums ist abhängig von der Gestalt des Prismas.

Der Winkel g, Fig. 148, wird der brechende Winkel des Prismas genannt. Trifft ein Strahl l das Prisma bei n, tritt er bei n' in der Richtung nach l' aus, so sind x und y die Winkel, welche die Verticalen auf den Flächen a b und b c mit dem gebrochenen Strahle n n' machen. z ist der Winkel, den diese beiden Verticalen mit einander bilden. Es lässt sich leicht nachweisen, dass y = g — x. Ein Austritt des Strahles bei n' ist möglich, wenn y kleiner ist als der Grenzwinkel für Glas. Es lässt sich daher leicht bestimmen, bis zu welcher Grösse x wachsen oder abnehmen darf, wenn g gegeben ist, und ferner wie gross g sein darf, um noch den Durchgang eines Lichtstrahls zu gestatten.

Fig. 148.



Ein Prisma, dessen brechender Winkel 60° ist, wird eine stärkere Ablenkung bewirken, als ein solches mit 50° brechendem Winkel. Je stärker die Ablenkung eines Strahles durch ein Prisma, desto grösser auch der Unterschied in der Brechbarkeit, und desto grösser mithin die Breite des Spectrums.

Alle Farben des Spectrums geben zusammen Weiss. Es sind jedoch nicht alle Farben nöthig, um Weiss zu erzeugen, sondern man ist im Stande, durch geeignete Zusammenstellung einzelner Farben weisses Licht zu erzeugen. Solche Farben, welche zusammen Weiss geben, nennt man Complementärfarben. Rothe Nüancen und gewisse grüne Farbentöne geben zusammen Weiss; sie sind Complementärfarben zu einander; ebenso sind Gelb und Blau complementär.

Jede Farbe hat ihre complementäre Farbe. Was ihr zu Weiss fehlt, ist ihre Complementärfarbe. Es ist nicht immer gesagt, dass jedem Farbenton eine einfache Farbe complementär sein muss, sondern auch eine Summe einfacher Farben kann einer Farbe complementär sein.

Stellt man sich ein Spectrum in etwas grösserem Maassstab dar, so beobachtet man, dass die einzelnen Farben desselben getrennt sind durch dunkle Linien, die man Frauenhofer'sche Linien benannt hat. Die Zahl der sichtbaren dunklen Linien ist um so grösser, je breiter und deutlicher das Spectrum ist. Bei dem gewöhnlichen Spectrum sind die einzelnen Farbentöne so verschwommen, dass man keine Frauenhofer'schen Linien bemerkt; es gehört zum Erzeugen eines Spectrums mit sichtbaren dunklen

Linien vor allem ein gutes Glasprisma. Fig. 149 stellt ein Spectrum mit den deutlichsten Frauenhofer'schen Linien dar. Man hat dieselben mit Buchstaben A bis H und a u. s. w., ferner mit α β γ u. s. w. bezeichnet. Wie die Brechbarkeit eines Lichtstrahls von bestimmter Farbe eine unveränderliche ist, so ist auch die relative Stellung der Farben und dunklen Linien im Spectrum eine unveränderliche. Die dunklen Linien sind deutlich wahrnehmbare Theile eines Spectrums, welche man schärfer ins Auge fassen und fixiren kann als die farbigen Theile desselben. Man hat daher auch mit deren Hülfe die verschiedene Brechbarkeit der einzelnen Theile des Spectrums ermittelt, indem man mit Hülfe besonderer Apparate die Winkel mass, welche die Richtung des einfallenden Strahles mit den Richtungen derjenigen Strahlen macht, welche an der Stelle der Frauenhofer'schen Linien hellfarbige Streifen erzeugen würden.

Es ist schon bemerkt worden, dass Strahlen von gleicher Brechbarkeit nicht von allen Mitteln gleich stark abgelenkt werden. Schwefelkohlenstoff ist ein viel stärker brechendes Mittel als Glas. Mit der Stärke der Brechung, welche eine Substanz gegenüber einem Lichtstrahl bewirkt, wechselt auch die zerstreuende Kraft. Die zerstreuende Kraft des Crownglases*) (0,039) ist kleiner als diejenige des Flintglases**) (0,068). Jedoch ist die brechende Kraft nicht proportional der zerstreuenden Kraft. Combinirt man ein Prisma aus zwei Stücken, deren eines von Crownglas und das andere von Flintglas ist, derart, dass die zerstreuende Kraft der einen derjenigen der anderen entgegen-

Fig. 149.



*) **Crownglas** ist ein bleifreies Glas.

**) Das Flintglas enthält Blei und wird durch Zusatz von Mennige zum Glassatz dargestellt.

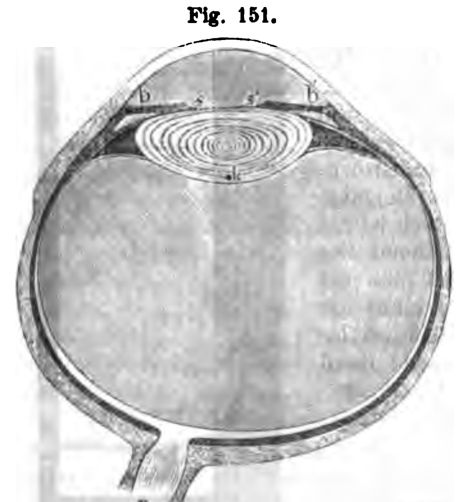
so wird man es dahin bringen können, das combinirte Prisma gar keine Farben-ung zeigt, gleichzeitig jedoch eine Ab- des einfallenden Lichtstrahles bewirkt. 150 stellt ein combinirtes Prisma dar; A ist ein Prisma von Crownglas und B ein solches von Flintglas. Da die brechende Kraft beider Glassorten nahezu gleich ist, so wird das combinirte Prisma noch den Ueberschuss von brechender Kraft besitzen, den ein Crownglasprisma mit einem doppelt so grossen brechenden Winkel als der des Flintglasprismas über dieses hat. Ein solches Prisma lenkt natürlich nicht so stark ab wie ein einfaches, zerstreut die Strahlen nicht und bringt keine farbigen Bilder hervor, es ist achromatisch. Nach demselben Princip werden achromatische Linsen hergestellt, denn auch Linsen von gewöhnlichem Glase zerstreuen die Bestandtheile des weissen Lichtes und geben farbig geränderte Bilder.

Einige optische Apparate.

Das Auge.

Das menschliche Auge ist im Wesentlichen eine Sammellinse, welche vor einer dunklen Höhlung angebracht ist, auf deren Wand die Bilder erscheinen, welchen das Auge zugekehrt ist. Fig. 151 ist die Abbildung des Querdurchschnittes eines menschlichen Augapfels. Fast die ganze Höhlung ist von einer undurchsichtigen Haut umschlossen; nur vorne, wo dieselbe etwas stärker gewölbt ist, ist sie von einer durchsichtigen Haut, der Hornhaut, begrenzt. Bei n ist die Eintrittsstelle des Sehnerven, der sich von dieser Stelle aus zu einer dünnen, äusserst zarten Schicht,

Fig. 151.



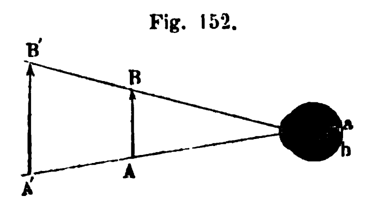
der Netzhaut, ausbreitet. Die Netzhaut empfängt die Bildeindrücke und vermittelt sie dem Centralorgane, wodurch das Bewusstsein des Eindrucks bewirkt wird. Hinter der Netzhaut, in der Zeichnung dunkel angelegt, befindet sich die Aderhaut, welche die Ernährung des Auges zu vermitteln hat. Diese schwarze Fläche verhindert die Entstehung seitlicher Reflexion im Inneren des Auges. Hinter der Hornhaut liegt die Regenbogenhaut, Iris, b s, b′ s′, welche undurchsichtig ist und durchbrochen von der kreisförmigen Oeffnung s s′, der Pupille. Die Pupille erscheint schwarz, weil durch sie die dunkle Wand des Augapfels sichtbar ist. Unmittelbar hinter der Regenbogenhaut und der Pupille liegt die Krystalllinse des Auges, welche aus concentrischen Schichten einer durchsichtigen Substanz besteht, deren Form in der Zeichnung angegeben ist. Zwischen Hornhaut und Regenbogenhaut befindet sich eine farblose Flüssigkeit, die wässerige Feuchtigkeit, während der Raum hinter der Krystalllinse von der sog. Glasfeuchtigkeit oder dem Glaskörper, einer gallertartigen Masse, gefüllt ist. Die von einem Gegenstand ausserhalb des Auges kommenden Strahlen erzeugen auf der Netzhaut ein Bild, und es ist die Aufgabe der Krystalllinse, die Entstehung dieses Bildes gerade auf der Netzhaut zu bewirken. Das Bild auf der Netzhaut ist verkehrt und verkleinert.

Das Auge unterscheidet sich von einer gewöhnlichen Sammellinse wesentlich dadurch, dass es im Stande ist, sich verschiedenen Entfernungen der Gegenstände zu accommodiren. Während die Linse ein Bild in einer bestimmten Entfernung nur dann liefern kann, wenn der Gegenstand eine ganz bestimmte Stellung einnimmt, ist das Auge im Stande, sowohl von nahen als auch entfernten Gegenständen deutliche Bilder auf der Netzhaut zu entwerfen. Die Fähigkeit der menschlichen Augen in dieser Richtung ist sehr verschieden. Man spricht von nahsichtigen und fernsichtigen Augen. Die nahsichtigen Augen sind wohl im Stande, sich kleinen Entfernungen der betrachteten Gegenstände zu accommodiren, können aber ihrer Linse nicht die Lage geben, dass sie auch von entfernteren Gegenständen ein deutliches Bild auf der Netzhaut entwerfen, wovon in letzter Instanz die Deutlichkeit des Sehens abhängig ist.

Die Accommodationsfähigkeit des Auges hat aber ganz allgemein nach beiden Seiten hin eine Grenze. Für jedes Auge giebt es eine Entfernung, in welcher die Gegenstände am deutlichsten gesehen werden, und ebenso darf ein Gegenstand dem Auge nur auf eine gewisse Entfernung nahe gebracht werden, über welche hinaus derselbe nicht mehr zu sehen ist. Das Minimum dieser Entfernung ist die Sehweite des Auges. Dieselbe ist für verschiedene Augen sehr verschieden.

Die scheinbare Grösse der gesehenen Gegenstände ist abhängig von der Grösse des Bildchens auf der Netzhaut. Dieses Bildchen ist aber, wie aus Fig. 152 ersichtlich, gleich gross, ob ein Gegenstand A B oder A' B' betrachtet wird. Den Winkel, welchen A a und B b mit einander machen, nennt man Sehwinkel. Die Grösse dieses Sehwinkels ist der Maassstab für die scheinbare Grösse eines Gegenstandes. Zwei Gegenstände, A B und A' B', von verschiedener Grösse geben denselben Sehwinkel, wenn ihre Abstände vom Kreuzungspunkte proportional ihrer wirklichen Grösse sind, sie erscheinen dann gleich gross. Je entfernter ein Gegenstand ist, desto kleiner ist der Sehwinkel, unter dem er Eindrücke im Auge hervorbringt und je näher derselbe sich befindet, um so grösser ist der Sehwinkel.

Fig. 152.



Die Deutlichkeit des Sehens ist nun unmittelbar abhängig von der Grösse des Sehwinkels. Obgleich die menschlichen Augen in ihrer Fähigkeit bezüglich der Deutlichkeit der Netzhautbilder bei verschiedenem Sehwinkel sehr verschieden sind, so giebt es doch Grenzen für alle Augen, welche nicht überschritten werden dürfen, wenn nicht die Deutlichkeit des Bildes aufhören soll. Die Grenze der Kleinheit des Sehwinkels ist im Durchschnitt circa $^1/_3$—$^1/_2$ Minute. Bei kleinerem Sehwinkel erscheint der Gegenstand nicht mehr ausgedehnt.

Zur Sichtbarmachung sehr kleiner Gegenstände, die unter gewöhnlichen Umständen unter zu kleinem Sehwinkel sichtbar sind, um ein Bild zu geben, muss man den Sehwinkel vergrössern. Es geschieht dies durch das Mikroskop. Sind grössere Gegenstände zu entfernt, um unter einem Sehwinkel gesehen werden zu können, der grösser ist als das Minimum, so bedient man sich eines Fernrohrs zur Vergrösserung des Sehwinkels.

Wir wollen die Instrumente etwas näher betrachten, welche dazu dienen, den Sehwinkel zu vergrössern.

Das Mikroskop.

Je näher man einen Gegenstand dem Auge bringt, desto grösser wird der Sehwinkel; deshalb werden kleine Gegenstände in geringer Entfernung vom Auge deutlicher gesehen als in grösserer. Je näher dem Auge (bis zur Grenze der Sehweite), desto deutlicher das Bild. Je kleiner ein Gegenstand, desto näher am Auge muss derselbe sich befinden, wenn er sichtbar sein soll.

Fällt diese nothwendige Lage jedoch innerhalb der Grenze der Sehweite, so wird der Gegenstand überhaupt nicht mehr mit blossem Auge deutlich sichtbar sein. Das **Mikroskop** ermöglicht das Sehen so kleiner Gegenstände. Sind die Gegenstände nicht allzu klein, so kann man sich des **einfachen Mikroskops**, der **Loupe**, bedienen.

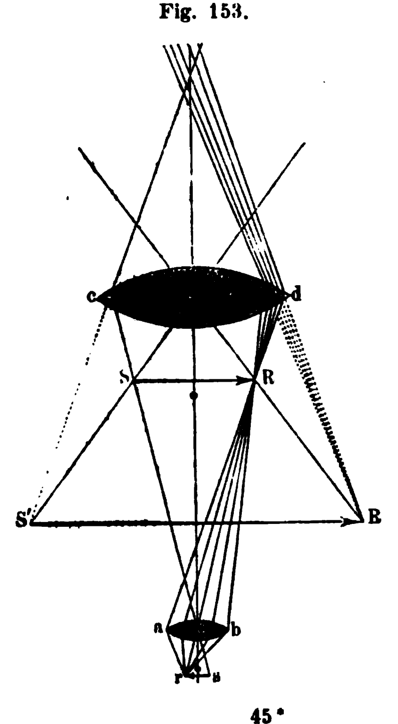
Die Wirkung der Loupe, welche lediglich eine einfache Sammellinse ist, wird aus Fig. 145 pag. 700 ersichtlich.

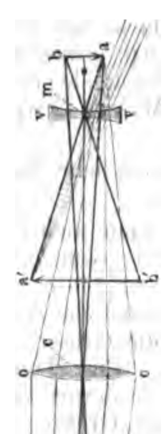
A B sei der betrachtete Gegenstand; derselbe befinde sich zwischen dem Brennpunkt der Linse und der Linse selbst; dann giebt er ein virtuelles Bild a b, welches entfernter von der Linse und grösser als A B ist. Das rechts von der Linse befindliche Auge wird den Gegenstand A B so sehen, als habe er die Grösse a b und befinde sich in der dargestellten Entfernung. Eine Loupe, welche in dieser Richtung Dienste thun soll, muss derart construirt sein, dass das virtuelle Bild ausserhalb der Grenze der Sehweite liegt. Gegenstände, die, um einen genügend grossen Sehwinkel zu geben, so nahe an das Auge gebracht werden müssen, dass auch das virtuelle Bild noch innerhalb der Grenze der Sehweite liegt, oder dass auch das virtuelle Bild noch einen zu kleinen Sehwinkel giebt, können auch durch eine Loupe nicht gesehen werden.

Man bedient sich, um solche Gegenstände zu sehen, des zusammengesetzten Mikroskops, welches schlechtweg **Mikroskop** genannt wird.

Fig. 153 erläutert die Wirkung des zusammengesetzten Mikroskops. r s sei der betrachtete Gegenstand; a b ist die **Objectivlinse** oder das **Objectiv**, welche das vergrösserte und verkehrte Bild R S erzeugt, welches letztere Bild durch Vermittlung der Loupe c d ein virtuelles Bild R′ S′ giebt, welches vom Auge, das sich oberhalb der Loupe befindet, gesehen wird. Der Gegenstand r s muss sich nahe am Brennpunkt der Linse a b be-

Fig. 153.





finden; dann entsteht sein Bild in grosser Entfernung von a b und fällt in den Raum zwischen dem Brennpunkt der Linse c d und der Linse c d selbst. c d wird die Ocularlinse oder das Ocular genannt. Die Stellung des Auges zum Ocular muss derart sein, dass sich dasselbe gerade auf der Stelle befindet, wo die von R ausgehenden, den Rand der Linse durchdringenden Strahlen die Axe des Oculars sen schneiden.

Die Axen des Oculars und des Objectivs müszusammenfallen.

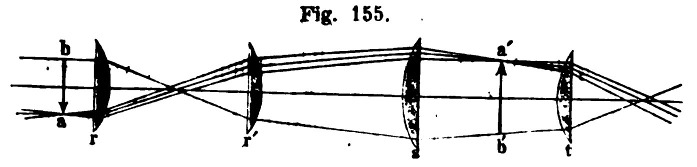
Die Grösse des Gesichtsfeldes des Mikroskops, d. h. diejenige Fläche, auf welcher die Punkte deutlich gesehen werden, ist proportional dem Winkel, den R r und S s mit einander machen.

Das Fernrohr.

Die Fernrohre haben den Zweck, den Sehwinkel entfernter Gegenstände zu vergrössern. Betrachten wir zunächst das astronomische Fernrohr. A B, Fig. 154, sei der betrachtete Gegenstand. Das Objectiv o o wird ein Bild a b liefern, wenn dasselbe nicht vorher durch die Zerstreuungslinse v v aufgefangen und derart verändert würde, dass es von a' b' herzukommen scheint. Die Linse v v ist derart gestellt, dass a b etwas entfernter von v v entstehen würde, als der Hauptzerstreuungspunkt von v v liegt. Wie diese Figur zeigt, ist das schliessliche Bild näher gerückt und vergrössert, aber verkehrt. Bei astronomischen Beobachtungen hat dies keinen Nachtheil, bei terrestrischen dagegen wünscht man die Bilder nicht umgekehrt zu sehen. Man benutzt als Ocular für Erdfernröhre eine Combination von weniger convexen Linsen, welche den Zweck hat, das verkehrte Bild des astronomischen Fernrohrs umzukehren. Die Fig. 155 stellt das Ocular eines Erdfernrohrs schematisch dar. a b ist das verkehrte Bild, welches durch die Linsen r r' s umgekehrt wird;

Fig. 154.

Fig. 155.



dieses aufrechte Bild wird alsdann durch das Augenglas t betrachtet.

Interferenzerscheinungen.

Wesen des Lichtes. Es ist die jetzt ganz allgemein angenommene Ansicht, dass das Licht der Schwingungszustand eines unwägbaren Stoffes des Aethers sei, welcher alle Körper durchdringt und den grossen Raum zwischen den Gestirnen erfüllt. Die Fortpflanzung des Lichtes geschieht in Folge der Uebertragung jenes Schwingungszustandes von einer schwingenden Aetherschicht auf die benachbarten, woraus folgt, dass sich das Licht nach allen Seiten ausbreiten muss.



Fig. 156.

Wenn sich ein Lichtstrahl von A nach B, Fig. 156, fortpflanzt, so vibriren alle Theilchen des Aethers, welche auf der Geraden A B liegen würden, in Richtungen senkrecht zu dieser Linie. In einem bestimmten Moment nehmen diese Aethertheilchen die in der Fig. 156 angegebene relative Lage ein. Die Bewegung eines Theilchens, z. B. d, wird in der Richtung d′ d″ vor sich gehen. Die Geschwindigkeit seiner Bewegung ist nicht auf allen Punkten der Bahn dieselbe. Sie ist am grössten in der Nähe des Punktes d; am kleinsten bei d′ und d″. Die Entfernung d d′ plus d d″ (d d′ gleich d d″) nennt man die Amplitude der Schwingung.

Während sich nun ein Theilchen, z. B. b, in der Richtung b b′ bewegt, wird sich das Theilchen f in der Richtung f f″ bewegen; das Theilchen c dagegen in der Richtung c c′. Die

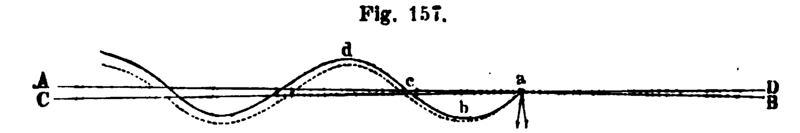
Entfernung von b bis c nennt man die Wellenlänge. Das Linienstück b′ f″ c′ heisst die Welle; $bf = \frac{bc}{2}$. Diejenigen Aethertheilchen, welche um $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$, $\frac{7}{2}$ Wellenlänge von einander abstehen, haben stets dieselbe Geschwindigkeit. bewegen sich aber nach entgegengesetzter Richtung; diejenigen Aethertheilchen dagegen, welche um ganze Wellenlängen von einander abstehen, bewegen sich bei gleicher Geschwindigkeit in gleicher Richtung.

Die verschiedenfarbigen Lichtstrahlen zeigen Bewegungen mit verschiedener Wellenlänge.

Interferenz. Kommen die Schwingungen zweier verschiedener Strahlen zusammen, so können sie sich gegenseitig verstärken oder aufheben, je nach der relativen Lage der schwingenden Aethertheilchen.

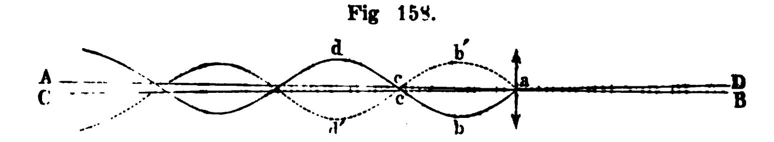
Dieses Zusammenwirken wird Interferenz genannt. Kommen zwei Lichtstrahlen, A B und C D, Fig. 157, in dem Punkte a

Fig. 157.



unter einem sehr spitzen Winkel zusammen, so werden sie sich gegenseitig unterstützen, wenn ihre Wellenbewegung so ist, wie es die Wellenlinie in a b c d andeutet. Sind dagegen ihre Wellenbewegungen so wie es Fig. 158 darstellt, so wird sich ihre Wirkung im Punkte a aufheben; denn das Aethertheilchen a des Strahles A B wird sich in a nach oben, das Theilchen a des Strahles

Fig 158.



C D in a aber nach unten zu bewegen haben. Beide Bewegungen heben sich auf, a bleibt in Ruhe; an dieser Stelle existirt also kein Licht.

Farben dünner Plättchen. Eine Interferenzerscheinung, die sehr häufig beobachtet wird, sind die Farben dünner Plättchen. Fällt ein Lichtstrahl a b, Fig. 159, auf eine Fläche M N, so wird er zum Theil nach o reflectirt, zum Theil tritt er in die Masse ein, erfährt dort eine Brechung, kommt nach d und nun tritt eine zweite Theilung ein; der eine Theil d g verlässt die Masse an der

Fig. 159.

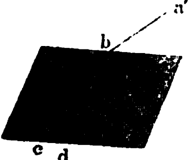
Fläche P R, während d c reflectirt wird; mit einer Ablenkung tritt d c an der Oberfläche M N aus und bildet einen b o parallelen Lichtstrahl. Dieser Strahl c f wird nun interferiren mit einem solchen Strahle, welcher durch Reflexion eines in c einfallenden Strahles entstanden ist. Die Interferenz der beiden in gleicher Bahn sich fortpflanzenden Strahlen wird entweder eine Verstärkung oder eine Abschwächung der Lichtwirkung der einzelnen Strahlen hervorrufen; die Wirkung hängt ab von der relativen Lage der Schwingungen. Ist der in c reflectirte Strahl dem aus der Masse austretenden Strahl d g um $1/2$, $3/2$, $5/2$ etc. Wellenlänge voraus, so werden die beiden Strahlen sich gegenseitig aufheben.

Mit Berücksichtigung des Umstandes, dass die verschiedenfarbigen Lichtstrahlen verschiedene Brechbarkeit haben, ist es leicht verständlich, dass das von einer solchen Platte reflectirte Licht gefärbt sein muss und zwar an verschiedenen Stellen verschieden gefärbt. Eine Seifenblase schillert in verschiedenen Farben. Die Anordnung der Farben zeigt in diesem Falle keine Regelmässigkeit, weil auf eine Seifenblase Lichtstrahlen in verschiedenen Richtungen auffallen, und deshalb die Wirkung sehr complicirt sein muss. Diese Erscheinung kann nur eintreten, wenn die Entfernung zwischen M N und P R sehr klein ist, wenn also die Interferenz solcher Strahlen entsteht, welche von zwei sehr nahe liegenden parallelen Platten reflectirt werden.

Doppelte Brechung.

Ein Lichtstrahl a b, Fig. 160, welcher bei b auf die Fläche eines Kalkspathrhomboëders trifft, wird an dieser Stelle nach zwei Richtungen abgelenkt werden; in Folge dessen werden an der unteren Fläche zwei Lichtstrahlen, nämlich je einer bei c und bei d, austreten. Diese Erscheinung nennt man die Doppelbrechung.

Fig. 160.



Die Doppelbrechung ist nur in Krystallen möglich, aber auch nur in solchen, welche nach verschiedenen Richtungen verschieden ausgebildet

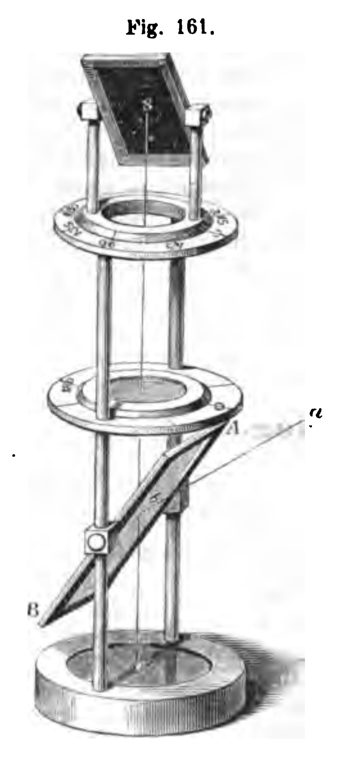
sind. Die regulären Krystalle bewirken keine Doppelbrechung, die quadratischen Krystalle und diejenigen der anderen Systeme dagegen sind doppelbrechend. Jedoch giebt es auch in quadratischen und anderen Krystallen eine Richtung, in welcher ein Lichtstrahl, ohne doppelt gebrochen zu werden, durchgehen kann. Diese Richtung fällt bei den quadratischen und den hexagonalen Krystallen zusammen mit der Hauptaxe.

Diejenigen Krystalle, welche nur eine Richtung haben, in welcher keine doppelte Brechung entsteht, werden optisch einaxige Krystalle genannt; die Axe des Durchgangs ohne doppelte Brechung heisst die optische Axe der Krystalle.

Polarisation.

Polarisation durch Reflexion. AB, Fig. 161, ist ein Spiegel, der so geneigt ist, dass er mit der Verticalen einen Winkel von 35° 25′ macht. Fällt auf diesen Spiegel ein gewöhnlicher Lichtstrahl a b, unter einem Winkel von 35° 25′, so wird ein Theil desselben durch den Spiegel hindurchgehen, ein anderer Theil wird reflectirt und senkrecht auf den im Boden angebrachten Spiegel fallen; dort wird er zurückgeworfen, durchdringt senkrecht steigend den Spiegel A B bei b und gelangt zu dem Spiegel s, der dieselbe Neigung von 35° 25′ gegen die Verticale hat. Sind die Stellungen der Spiegel A B und s so wie es die Zeichnung darstellt, so wird der auf s fallende Lichtstrahl nicht zurückgeworfen. Der Spiegel s bleibt völlig dunkel. Offenbar hat der Lichtstrahl bei seiner Reflexion eine Veränderung erfahren, derart, dass er nicht in jeder Richtung reflectirt werden kann. Die Reflexionsebene von a b ist durch die Linie a b und b c bestimmt. Die Reflexionsebene des Lichtstrahls, der s trifft, würde einen Winkel von 90° mit der Reflexionsebene machen, wenn überhaupt eine Reflexion stattfände. Dreht man den Spiegel s, ohne seine Neigung gegen die Verticale zu verändern, um eine verticale

Fig. 161.



Axe, so tritt eine Reflexion ein; die Intensität des von s zurückgeworfenen Lichtes nimmt zu und hat ihr Maximum erreicht, wenn s parallel mit A B ist; dreht man s nun weiter, so vermindert sich allmälig die Intensität des von s reflectirten Strahles bis sie gleich null ist, sobald s wieder einen Winkel von 90° mit AB macht. Die Intensität steigt wieder bei fortgesetztem Drehen des Spiegels s, bis sie wieder ihr Maximum erreicht bei derjenigen Stellung von s, wo s mit A B einen Winkel von 180° macht. Es giebt mithin zwei Stellungen des Spiegels s, wo der von s reflectirte Strahl sein Intensitätsmaximum hat, und ebenso zwei Stellungen, bei denen dieser Strahl unsichtbar ist oder gar nicht reflectirt wird. Die Stellungen von s, welche dem Intensitätsmaximum des von s reflectirten Strahles entsprechen, sind die Stellungen in denen s Winkel von 0° und 180° mit A B macht. In diesen beiden Stellungen fallen die Reflexionsebenen der von A B und s reflectirten Strahlen zusammen.

Die Stellungen von s, bei denen der Strahl von c kommend gar nicht reflectirt wird, entsprechen Winkeln von 90° und 270°, welche s und A B mit einander machen, vorausgesetzt, dass die Neigung beider Spiegel gegen die Verticale unverändert und die gleiche bleibt. Die zwischen den genannten Stellungen vorkommenden Stellungen von s und A B entsprechen theilweiser Reflexion und darum geringerer Intensität. Je näher der Winkel, den A B und s mit einander machen, 90° und 270° ist, desto geringer ist die Intensität des reflectirten Strahls. Ein Lichtstrahl, der diese Eigenschaft hat, ist ein polarisirter Lichtstrahl. Er ist verschieden vom gewöhnlichen Lichtstrahl und hat die Veränderung bei der Reflexion durch A B erlitten, den er unter einem Winkel von 35° 25′ traf. Der ganze Apparat wird ein Polarisationsapparat genannt. Diese Construction des Polarisationsapparates rührt von Nörremberg her. Es mag noch erwähnt werden, dass man die Reflexionsebene eines durch Spiegelung polarisirten Lichtstrahls Polarisationsebene nennt.

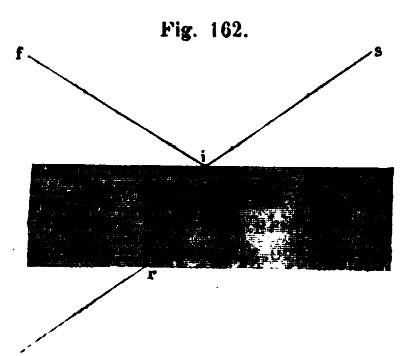
Um die Stellung der beiden Spiegel s und A B genau bestimmen zu können, ist auf dem obersten horizontalen Ringe eine Gradeintheilung aufgezeichnet.

Diejenigen Körper, deren Verhalten im polarisirten Lichte man untersuchen will, werden auf den mittleren horizontalen Ring gegebracht, in den noch ein zweiter um eine horizontale Axe drehbarer Ring eingesetzt ist. Man ist somit im Stande, dem zu untersuchenden Körper jede beliebige Neigung zum polarisirten Lichtstrahl zu geben. Auch dieser Ring kann in horizontaler Richtung um eine verticale Axe gedreht werden; um die Grösse dieser Drehung zu bestimmen, ist auch der diesen Ring tragende Ring mit einer Gradeintheilung versehen. Den Spiegel A B nennt man

Polarisationsspiegel, und den Spiegel s Zerlegungsspiegel.

Den Winkel von 35°25′, unter welchem Strahlen auf Glas auffallen müssen, um vollständig polarisirt zu werden, nennt man den Polarisationswinkel. Der Polarisationswinkel ist für verschiedene Substanzen sehr verschieden. Es ist stets derjenige Winkel, bei welchem der einfallende Strahl rechtwinklig zum gebrochenen Strahle steht. Der Strahl f i, Fig. 162, wird zum Theil abgelenkt und durch die Masse fortgeführt, der gebrochene Strahl i r macht mit s i einen Winkel von 90°. Der Strahl s i fällt unter dem Polarisationswinkel auf die Fläche bei i auf. Der Strahl i s wird polarisirt sein.

Fig. 162.



Jedoch nicht nur solche Strahlen werden polarisirt, welche unter dem Polarisationswinkel auf eine spiegelnde Fläche auffallen, sondern auch alle diejenigen, welche unter nahezu gleichen Winkeln einfallen. Am vollständigsten, d. h. ganz vollständig, ist die Polarisation, wenn ein Lichtstrahl unter dem Polarisationswinkel auf eine spiegelnde Fläche trifft.

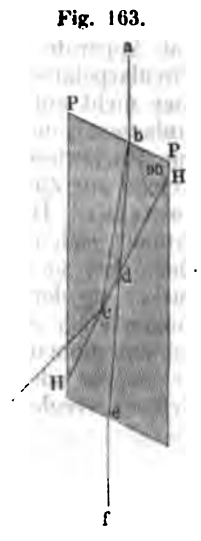
Durch Platten von Turmalin, welche parallel der Hauptaxe dieses Minerals geschliffen sind, kann der gleiche Effect hervorgebracht werden wie durch den Zerlegungsspiegel, mit dem Unterschiede, dass das polarisirte Licht bei gewissen Stellungen der Turmalinplatte dieselbe durchdringt, während es von dem Zerlegungsspiegel reflectirt wird. Die Strahlen werden von der Turmalinplatte so vollständig durchgelassen als es die Farbe des Minerals erlaubt, wenn die Platte so gestellt ist, dass ihre krystallographische Hauptaxe mit der Polarisationsebene einen rechten Winkel macht, während sie fast ganz dunkel bleibt, wenn ihre krystallographische Hauptaxe in die Polarisationsebene fällt. Die erstere Stellung entspricht bezüglich des optischen Effects der parallelen Stellung der beiden Spiegel, die letztere dagegen der gekreuzten Stellung.

Legt man zwei gleich geschliffene Turmalinplatten so auf einander, dass ihre krystallographischen Hauptaxen parallel sind, so wird das Licht vollständig durchgelassen, während das Plattenpaar dunkel erscheint, wenn die Platten so gelegt sind, dass sich ihre Axen rechtwinklig kreuzen. Ein solches Plattenpaar stellt also einen Polarisationsapparat dar, indem das gewöhnliche Licht

beim Durchgang durch die beiden Platten eine eben solche Veränderung erleidet, wie beim Durchgang durch einen Polarisationsapparat.

Vollkommener noch zeigt die polarisirende Wirkung ein Nicol'sches Prisma. Dieses Prisma besteht aus einem Spaltungsstück gewöhnlichen Kalkspaths, Fig. 163, dessen geneigte Fläche mit der verticalen Kante nicht mehr einen Winkel von 71°, sondern nur einen solchen von 68° macht. Dieses Kalkspathstück ist senkrecht zu diesen geneigten Flächen durchschnitten, wie es die Linie, auf der c und d liegen, andeutet; mit Canadabalsam sind alsdann die beiden Stücke wieder an dieser Schnittfläche zusammengeklebt. Ein bei b eintretender Strahl a b wird zerlegt in zwei Strahlen, in den ordinären Strahl b c und den extraordinären Strahl b d; ersterer wird an der Balsamschicht total reflectirt, letzterer durchdringt dieselbe und kommt als polarisirter Strahl zum Vorschein. Ein System von zwei Nicol'schen Prismen ist ebenfalls ein vollkommener Polarisationsapparat und zwar wird der Lichtstrahl vollständig durch beide Nicols hindurchgehen, wenn ihre Polarisationsebenen parallel sind, vollständig dagegen zurückgehalten werden, wenn dieselben rechtwinklig gekreuzt sind.

Fig. 163.



Circularpolarisation. Schaltet man zwischen die beiden Spiegel eines gewöhnlichen Polarisationsapparates eine rechtwinklig zur Hauptaxe geschliffene Platte von Bergkrystall ein, so treten eigenthümliche Farbenerscheinungen auf. Eine solche Quarzplatte erscheint nämlich bei jeder Stellung des Zerlegungsspiegels verschieden gefärbt, wenn man weisses Licht auf den Polarisationsspiegel fallen lässt. Verwendet man dagegen rothes Licht, so erscheint die Quarzplatte bei gewissen Stellungen des Zerlegungsspiegels hell, bei anderen dunkel und bei den in der Mitte zwischen diesen beiden liegenden Stellungen gefärbt. Es ist nun eine bemerkenswerthe Thatsache, dass es zwei Arten von Bergkrystall giebt, die sich optisch verschieden verhalten. Eine Platte der einen Art zwischen die Spiegel eines Polarisationsapparats gebracht, macht eine Drehung des Zerlegungsspiegels nach der einen Seite hin nöthig, um das dunkle Feld zu erzielen, eine Platte der andern Art wirkt gerade entgegengesetzt, da man den Zerlegungsspiegel nach der andern Seite drehen muss, um das dunkle Feld zu erzielen. Die Grösse der Drehung hängt von der Dicke der Quarzplatte ab, sie ist um so bedeutender, je dicker die

Platte, sie ist verschieden für verschieden gefärbte Strahlen. Je nachdem eine Quarzplatte die Polarisationsebene nach rechts oder nach links dreht, nennt man den Quarz rechts- oder linksdrehend.

Diese Erscheinung nennt man die Circularpolarisation. Die Eigenschaft der Circularpolarisation kommt vielen natürlichen Körpern zu, sie ist eine specifische Eigenschaft, welche zur Charakteristik der Körper gehört. Die Stärke derselben ist bei verschiedenen Körpern sehr verschieden, und gerade diese Stärke ist so charakteristisch wie das specifische Gewicht der Körper. Man hat Apparate construirt, welche den Zweck haben, die Stärke der Circularpolarisation der Körper bestimmen zu lassen. Wir können uns hier nicht auf die Beschreibung auch nur eines solchen Apparates einlassen, sondern wollen nur erwähnen, dass dieselben vorzüglich zur Zuckerbestimmung gebraucht werden. Polarisationsapparate, welche zur Zuckerbestimmung verwendet werden, heissen Saccharometer. Die Zuckerbestimmung mit Hülfe von Saccharometern gründet sich darauf, dass eine Rohrzuckerlösung die Polarisationsebene um so stärker nach rechts dreht, je mehr Procente Rohrzucker in derselben enthalten sind. Man hat das Drehungsvermögen einer Zuckerlösung von bestimmter Dicke der Flüssigkeitsschicht einmal festgestellt und kann dann damit das Drehungsvermögen jeder anderen Rohrzuckerlösung bei gleicher Dicke der Schicht vergleichen oder hieraus auf den Zuckergehalt schliessen.

Die natürlichen Farben der Körper.

Ein nicht leuchtender Körper wird nur dann roth gefärbt erscheinen, wenn rothe Strahlen in dem Lichte enthalten sind, welches ihn erleuchtet. Die Ursache der rothen Farbe eines Körpers ist der Umstand, dass derselbe alle nicht rothen Strahlen des weissen Lichts zurückhält uud nur die rothen reflectirt. Alle natürlichen und künstlichen Farben, die wir an Gegenständen sehen, sind keine einfachen Farben wie z. B. das Roth oder Gelb, von einer bestimmten Brechbarkeit im Spectrum, sondern die von einem gefärbten Gegenstand zurückgeworfenen Strahlen sind mehr oder weniger complicirt zusammengesetzt und ihre wahre Natur kann nur durch Untersuchung mit dem Spectralapparat festgestellt werden. Was für die undurchsichtigen Körper bezüglich der Reflexion gesagt wurde, gilt für die durchsichtigen Körper in Betreff der Absorption resp. Nichtabsorption des Lichtes. Eine blaue Lösung lässt alle diejenigen Strahlen des weissen Lichtes durchgehen,

welche zusammen die betreffende blaue Farbe geben, während sie alle übrigen Strahlen absorbirt.

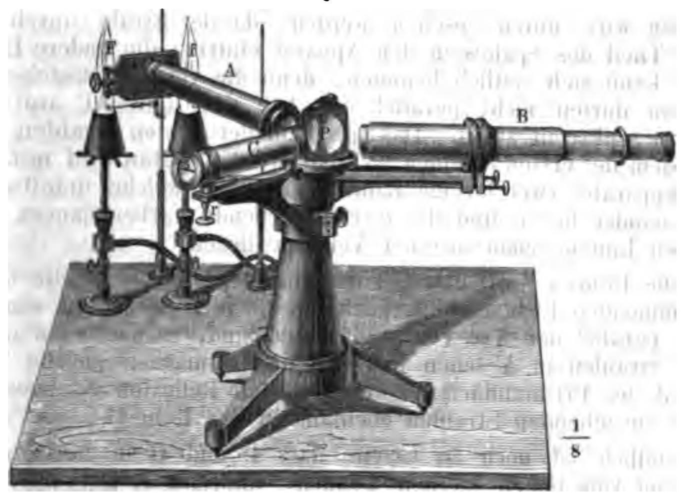
Wir können demnach Farbe die Eigenschaft eines Körpers nennen, gewisse Strahlen des weissen Lichtes zu reflectiren oder durchzulassen und alle übrigen Strahlen zu absorbiren.

Die Farbe eines Körpers ist eine charakterisirende Eigenschaft desselben. Ihre genaue Feststellung mit Hülfe des Spectralapparates ist daher häufig von grossem Werthe. Dieselbe kann jedoch mit Vortheil nur dann verwerthet werden, wenn die Farbe nicht allzu complicirt ist und mithin das resultirende Spectrum nicht zu sehr dem Spectrum des weissen Lichtes sich nähert.

Spectrum leuchtender gefärbter Körper. Ein schmaler Streifen weissen Sonnenlichtes liefert beim Durchgang durch ein Prisma ein farbiges Band, wie es Fig. 149 darstellt. Die Lage der einzelnen Farben und dunklen Linien ist fest bestimmt. Construirt man sich einen Apparat, in welchem ein solches Spectrum auf eine feststehende Scala geworfen wird, welche in 150 oder mehr gleiche Theile, die durch Striche markirt sind, eingetheilt ist, so kann man sicher sein, eine bestimmte Farbe oder dunkle Linie stets auf demselben Scalentheil zu erblicken, wenn man die Stellung des zerstreuenden Glasprismas zur Richtung der Scala nicht ändert.

Ein solcher Apparat ist in Fig. 164 dargestellt. P ist das zerstreuende Prisma von Flintglas mit einem brechenden Winkel

Fig. 164.



von 60°, A ist eine Röhre von Messing, welche mit einer Linse verschlossen ist, die sich an dem P zugekehrten Ende der Röhre befindet; am anderen Ende dieser Röhre ist eine Vorrichtung angebracht, welche in Fig. 165 ausführlicher dargestellt ist und den Zweck hat, durch einen Spalt einen schmalen Streifen Licht in die Röhre A eintreten zu lassen; der Spalt befindet sich gerade im Brennpunkte der Linse. C ist gleichfalls eine bei S durch eine Glasplatte verschlossene Röhre; jene ist mit einem Staniolblättchen belegt, welches nur einen horizontalen, etwa 1—2^{mm} breiten Ausschnitt in der Mitte der kreisförmigen Glasplatte hat, der sich über die ganze Breite der Fläche erstreckt; am anderen Ende dieser Röhre befindet sich ebenfalls eine Linse, deren Brennpunkt in S liegt. B ist ein gewöhnliches Fernrohr. Die Einrichtung des Spaltes wird durch Fig. 165 klar. m n ist der Spalt, der mit Hülfe der Mikrometerschraube schmäler oder breiter gemacht werden kann; derselbe ist zur Hälfte bedeckt durch ein Glasprisma a b, welches so eingerichtet und gestellt ist, dass ein auf a auffallender Lichtstrahl durch totale Reflexion in den Spalt gelangen kann. Man ist durch diese Einrichtung in den Stand gesetzt, die Strahlen zweier Lichtquellen gleichzeitig zu untersuchen. Die eine Lichtquelle muss sich direct vor dem Spalte befinden, das Spectrum ihrer Strahlen wird unten gesehen werden, da der Strahl durch den obern Theil des Spaltes in den Apparat eintritt; die andere Lichtquelle kann sich seitlich befinden, denn die von ihr ausgehenden Strahlen dürfen nicht parallel der Axe des Rohres C auffallen, sondern senkrecht auf a. Das Spectrum der letzten Strahlen wird über dem der ersten Strahlen sichtbar werden. Man wird mit diesem Apparate zwei farbige Bänder erhalten, welche unmittelbar übereinander liegen und deren entsprechende Farbennüancen und dunklen Linien genau in einer Verticale liegen.

Fig. 165.



Die Röhren A, B und C sind nun so gestellt, dass die durch A kommenden Lichtstrahlen, nachdem sie in P gebrochen wurden, genau parallel der Axe von B gerichtet sind, so dass man durch B die Strahlen in A sehen kann; B und C machen gleiche Winkel mit der Prismenfläche P. Durch totale Reflexion gelangen die von S ausgehenden Strahlen ebenfalls in das Rohr B.

Endlich ist noch zu sagen, dass B und C in horizontaler Richtung verschoben werden können, während A fest mit dem

massiven eisernen Stativ, welches alle Röhren trägt, verbunden ist. Das Prisma P wird durch eine Klammer festgehalten.

Bei S befindet sich nun die Scala, welche in sehr verkleinertem Maassstab auf Glas photographirt ist. Dieselbe wird durch eine Lampe, welche man vor den horizontalen Spalt in der Richtung der Axe von C stellt, beleuchtet.

F und f sind Flammen, von welchen die zu prüfenden Lichtstrahlen ausgehen.

Diese Einrichtung hat der vollständig ausgerüstete Bunsen'sche Spectralapparat.

Strahlen die Flammen F und f Lichtstrahlen aus und wird S beleuchtet, hat man gleichzeitig durch ein Tuch das Prisma und die demselben zugekehrten Röhrenenden bedeckt, um den Eintritt seitlicher Lichtstrahlen abzuhalten, so wird man durch das Fernrohr B gleichzeitig die Scala hell beleuchtet, stark vergrössert und, diese gleichsam deckend, die beiden über einander liegenden Spectra von F und f sehen. Jede Farbennüance und jede dunkle Linie der beiden Spectra wird auf einen Theilstrich der Scala fallen und man hat demnach ein Mittel, mit der dem Theilstrich entsprechenden Zahl die betreffende Nüance oder dunkle Linie zu bezeichnen. Man giebt der Scala gewöhnlich eine solche Stellung, dass die Frauenhofer'sche Linie D genau auf den Theilstrich 50 der Scala, die dann 200 Theilstriche hat, fällt.

Mit einem solchen Apparate untersucht man also die verschiedenen Lichtstrahlen, sowohl diejenigen, welche direct von einer Lichtquelle kommen, als auch diejenigen, welche durch irgend welche Einflüsse modificirt sind, wie durch Brechung, Reflexion, theilweise Absorption u. s. w.

Wir wollen uns hier auf die Betrachtung der Lichtstrahlen beschränken, welche direct von Lichtquellen kommen. Als Lichtquelle erscheint uns jede Flamme, einerlei ob farblos oder gefärbt. Ob im Innern der Flamme ein Lichtstrahl schon Veränderungen erfahren hat oder nicht, wollen wir zunächst unberücksichtigt lassen und annehmen, solche Lichtstrahlen seien die natürlichen.

Wir haben schon gesehen, dass das weisse Sonnenlicht ein Spectrum giebt, in welchem dunkle Linien enthalten sind, welche parallel der brechenden Kante des zerstreuenden Prismas laufen. Die Spectra des Lichtes der Fixsterne enthalten keine dunklen Linien, ebenso wenig wie das Spectrum des durch starkes Glühen eines Platindrahtes erzeugten Lichtes. Die Spectra der Strahlen, welche von gefärbten Flammen ausgehen, enthalten gerade da helle farbige Streifen, wo im Sonnenspectrum dunkle Linien sich befinden.

Betrachten wir die Spectra des, durch Glühen des Dampfes

gewisser Metalle oder Metallverbindungen erzeugten, Lichtes, so finden wir Folgendes:

Natrium oder Natriumverbindungen geben eine gelbe Linie bei 50, die sehr intensiv ist.

Kalium oder Kaliumverbindungen geben eine rothe Linie auf 15 und eine violette Linie auf 158.

Lithium und Lithiumverbindungen geben eine rothe Linie auf 32 und eine orangefarbige aut 46.

Die Fig. 166 zeigt die Lage der Linie in den Spectren einiger Metalle.

Fig. 166.

Violett Indigo Blau Grün Gelb Orange Roth

H G F b E D C B a A

Dunkle Linie. Sonnen-spectrum.

Natrium-spectrum.

Kalium-spectrum.

Lithium-spectrum.

Strontium-spectrum.

Helle Linien.

Die Lage der Linien ist fest und unveränderlich, sie ist ein charakteristisches Kennzeichen für die Metalle, indem diese Linien nur entstehen, wenn die genannten Metalle oder ihre Verbindungen verbrannt oder im Dampfzustand erhitzt werden. Es ist also die Beobachtung eines aus einigen wenigen isolirten Linien bestehenden Spectrums ein Mittel die Metalle nachzuweisen. Diese Reaction auf die Metalle ist die schärfste die man kennt, da selbst Spuren fester Körper, die durch das stärkste Mikroskop nicht mehr gesehen werden können, noch deutliche Spectra geben.

Aber nicht nur Metalle und Metallverbindungen, von denen die Chlorverbindungen wegen ihrer grössten Flüchtigkeit am geeignetsten sind, können spectralanalytisch untersucht werden, sondern auch Gase und Dämpfe, welche man durch geeignete Mittel, wie z. B. den Inductionsfunken, erhitzt.

Wir dürfen nicht unterlassen auf eine merkwürdige Eigenschaft aller dieser Spectra aufmerksam zu machen, welche die interessantesten Aufschlüsse über die Beschaffenheit der Sonne gegeben hat.

Es ist schon gesagt worden, dass ein stark glühender Platindraht ein continuirliches Spectrum, also ohne dunkle Linien, gebe; lässt man das von einem solchen Draht ausgehende Licht durch eine Flamme gehen, in welcher Natrium verbrannt wird und welche für sich allein eine gelbe Linie bei 50 geben würde, so beobachtet man, dass an Stelle der hellen gelben Linie eine dunkle Linie erscheint, während gleichzeitig das übrige continuirliche Spectrum zum Vorschein kommt. Diese Erscheinung nennt man das Umkehren der Spectra. Dieselbe Veränderung erleidet das Spectrum anderer Metalle. Das Verschwinden der hellen Linien ist um so vollständiger, je intensiver das Licht des glühenden Platindrahtes ist. Sonnenlicht erhält sich ebenso wie das Licht eines glühenden Platindrahtes.

Diese Erscheinung giebt uns die Erklärung über die Natur der Frauenhofer'schen Linien. Diese sind sämmtlich umgekehrte Spectra, welche dadurch entstanden sind, dass das von einem glühenden, leuchtenden Sonnenkerne ausgehende, ein continuirliches Spectrum liefernde Licht durch die sogen. Photosphäre gegangen ist, welche für sich ein Spectrum geben würde, das überall da helle gefärbte Linien enthält, wo im Sonnenspectrum dunkle Linien stehen.

Pleochroismus. Die doppelt brechenden Krystalle haben nicht nach allen Richtungen hin dieselben optischen Eigenschaften; es zeigt sich dies sehr auffällig bei einigen krystallisirten Substanzen, welche bei durchfallendem Lichte andere Farben zeigen als bei auffallendem. Diese Eigenschaft der Krystalle nennt man Pleochroismus. Die optisch einaxigen Krystalle zeigen Dichroismus, der an einigen Körpern mit dem blossen Auge wahrgenommen werden kann. Ein Chromalaunkrystall zeigt bei auffallendem Lichte violette Farbe, bei durchgehendem Lichte erscheint er grün. Trichroismus ist ebenfalls an einigen Körpern beobachtet worden. Je nach der Richtung, in welcher das Licht einen trichroistischen Körper durchdringt, ist dasselbe verschieden gefärbt. Ein Krystall von oxalsaurem Chromoxyd-Kali zeigt drei Farben bei durchfallendem Lichte, nämlich helles Berlinerblau, dunkles Grün, etwas ins Violette spielend, und ein helleres, etwas gelbliches Grün. Dem Trichroismus des durchfallenden Lichtes entspricht ein Trichroismus des reflectirten Lichtes.

Phosphorescenz. Die Eigenschaft gewisser Körper, im Dunkeln zu leuchten, nachdem sie einmal beleuchtet waren, nennt man Phosphorescenz. Dieselbe kommt vielen festen Körpern zu, Flüssigkeiten und Gase zeigen sie nicht. Die einfachste Beobachtung der Phosphorescenz ist das Leuchten des Phosphors, woher denn auch der Name genommen ist. Dieses Leuchten wird

übrigens veranlasst durch eine langsame Oxydation des Phosphors, ebenso wie das Leuchten langsam verfaulender Körper. Eine Oxydation als Ursache des Leuchtens lässt sich bei vielen anderen phosphorescirenden Körpern jedoch nicht annehmen. So beobachtet man beim Reiben zweier Kieselsteine aneinander die Entstehung eines schwachen röthlichen Lichtes. Die Krystallisation der arsenigen Säure ist unter gewissen Bedingungen von einer schwachen Lichtentwicklung begleitet. Manche Arten Flussspath leuchten im Dunkeln, wenn sie erwärmt werden; ebenso einige Varietäten vom Diamant. Durch Insolation, d. h. durch Bestrahlung durch intensives Licht erlangen viele Körper die Eigenschaft der Phosphorescenz. Vor allem schön zeigen die sogenannten Leuchtsteine die Phosphorescenz.

Leuchtsteine sind auf trocknem Wege dargestellte Schwefelverbindungen der alkalischen Erdmetalle Calcium, Baryum und Strontium. Diese Leuchtsteine müssen unmittelbar nach ihrer Darstellung in Glasröhren eingeschlossen werden, weil sie äusserst leicht oxydirbar sind.

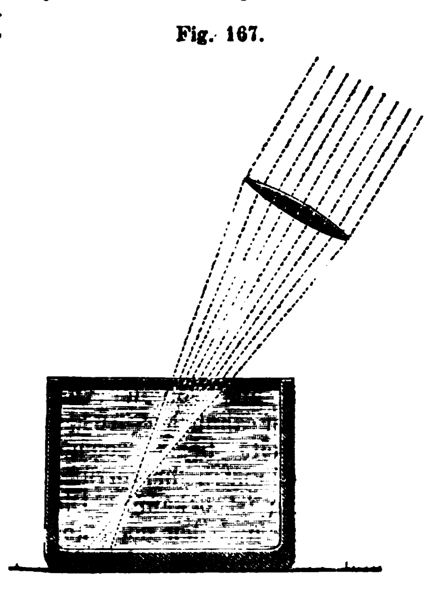
Fluorescenz. Die Fluorescenz ist die Eigenschaft gewisser Körper, die Schwingungsdauer des Lichtstrahles zu vergrössern, also die Geschwindigkeit der Schwingungen zu verkleinern, wodurch es möglich wird, solche Strahlen des prismatisch zerlegten Lichtes noch zu sehen, die ohne dies nicht sichtbar wären. Jenseits des Violetts im Sonnenspectrum liegt noch eine lange Reihe von Strahlen, welche man wegen ihrer geringen Schwingungsdauer nicht sehen kann, die man jedoch als diejenigen Strahlen kennt, welche hauptsächlich chemische Wirkungen hervorbringen. Durch fluorescirende Körper wird jedoch nicht nur die Schwingungsdauer vergrössert, sondern auch die Brechbarkeit dieser ultravioletten oder chemischen Strahlen vermindert. Das gewöhnlich sichtbare Spectrum, welches bis zur Frauenhofer'schen Linie H (Fig. 149) geht, wird nach der Seite hin, auf welcher H liegt, beträchtlich verlängert, wenn man es auf die Fläche eines fluorescirenden Körpers fallen lässt, etwa auf eine Lösung von schwefelsaurem Chinin. Man beobachtet dann an den Stellen, welche dem Auge sonst dunkel erscheinen, himmelblaue Strahlen.

Fluorescirende Körper, namentlich Lösungen, zeigen schon im auffallenden Lichte ein eigenthümliches Blauschillern, welches zuweilen von höchstem Glanze ist.

Sehr brillant tritt die Erscheinung der Fluorescenz ein, wenn man eine Sammellinse über eine, in einem offenen Gefässe befindliche, fluorescirende Flüssigkeit so hält, dass der Lichtkegel in die Flüssigkeit hineinragt; dann erscheint dieser Kegel in pracht-

voll blauem Lichte, welches an der Flüssigkeitsoberfläche am intensivsten ist. Die Fig. 167 zeigt die Anordnung des Versuches deutlich. Fluorescirende Flüssigkeiten sind: Eine Lösung von schwefelsaurem Chinin, ein Auszug von Stechapfelsamen, eine ätherische Lösung von Chlorophyll (diese zeigt jedoch einen rothen Lichtkegel), Curcumatinctur, d. i. der weingeistige Auszug der Curcumawurzel (diese giebt einen grünen Lichtkegel). Eine Lösung von Galle in Schwefelsäure sowie amerikanisches Petroleum zeigen starke Fluorescenz. Aber nicht nur Flüssigkeiten fluoresciren, sondern auch feste Körper. Das Uranglas ist vorzüglich geeignet, die Fluorescenz gut zu beobachten.

Fig. 167.



Chemische und Wärme-Wirkungen des Lichtes.

Im chemischen Theile dieses Buches ist häufig von dem Einfluss die Rede gewesen, den das Licht auf chemische Kräfte ausübt. Ein sehr hervorragender Fall der chemischen Wirkung des Lichtes ist die Vereinigung von Chlor und Wasserstoff bei der Bestrahlung durch Licht. Während beide Gase im Dunkeln gemischt werden können, ohne chemisch auf einander zu wirken, verbinden sie sich unter Explosion, sobald das Gemenge derselben belichtet wird.

Die Schwärzung vieler Silbersalze durch das Licht, welche in einer sich auf eine minimale Menge erstreckenden Reduction zu beruhen scheint, ist ebenfalls ein höchst interessanter Fall der chemischen Wirkung des Lichtes. Auf dieser Zersetzung gewisser Silbersalze durch das Licht beruht die Photographie.

Diese Wirkungen werden alle durch die sogenannten chemi-

schen Strahlen hervorgebracht, deren Lage schon im vorigen Abschnitt besprochen wurde. Uebrigens sind die benachbarten Strahlen durchaus nicht chemisch indifferent, sondern auch sie können chemische Processe einleiten oder unterstützen. Die höchste Intensität der chemischen Wirkung haben sogar die Strahlen, welche zwischen der Linie G und der Linie H liegen; von dort aus nimmt die Intensität der chemischen Wirkung ab und ist nahezu gleich Null bei den Strahlen, welche zwischen E und F liegen. Während die Abnahme dieser Intensität bei den farbigen Strahlen des Lichtes sehr rasch abnimmt, fällt sie langsam nach der anderen Seite hin. Man hat noch dunkle Linien beobachtet, welche weiter über H hinaus liegen, als H von A entfernt ist. Diese Linien hat man mit den Buchstaben S bis W bezeichnet. Die chemische Wirkung ist nun erst gleich Null bei Strahlen, die zwischen den Frauenhofer'schen Linien T und U liegen.

Was wir hier von der violetten Seite des Spectrums gesagt haben, gilt in ähnlicher Ausdehnung auch für die rothe Seite. Auf dieser Seite liegen solche Strahlen, welche hauptsächlich Wärmeerscheinungen hervorrufen. Die erwärmende Wirkung der Sonnenstrahlen ist bekannt. Dieselbe ist den auf der rothen Seite des Spectrums und den noch über die Linie A hinaus befindlichen Strahlen zuzuschreiben. Die Fig. 168 giebt ein sehr deutliches

Fig. 168.

Bild über die Vertheilung der Wärme-, Licht- und chemischen Strahlen im weissen Lichte, zugleich deutet sie die Intensität der Wirkung an. Die Curve A entspricht den Wärmestrahlen; deren Wirkung ist am grössten, wo A am höchsten hinauf geht; B bezeichnet die leuchtenden Strahlen. Die Erhebung von B auf

ihre höchste Höhe zwischen D und E zeigt an, dass die Leuchtintensität zwischen den Linien D und E am grössten ist; C stellt die chemischen Strahlen und deren Intensität dar. Wir sehen aus der Figur, dass die Strahlen bei der Linie F gleichzeitig leuchten, erwärmen und chemisch wirksam sind. Im Uebrigen bedarf die Figur keiner weiteren Erläuterung.

Vierter Theil.

Die electrischen Erscheinungen.

Magnetismus.

Die Eigenschaft einiger Eisenarten, Eisen anzuziehen und mit einer gewissen Kraft festzuhalten, nennt man magnetische Kraft, und ein Körper der diese Kraft besitzt, einen Magnet. Diese Anziehungskraft ist jedoch, wie wir sogleich sehen werden, sehr verschieden von der Anziehungskraft, welche materielle Theilchen unter einander ausüben. Magnetische Kraft besitzen einige in der Natur vorkommende Körper, vorzüglich der Magneteisenstein, wie er sich in Schweden, Böhmen, dem Harz, auf den Inseln Elba und Corsica findet. Derselbe vermag in dem Zustande, in dem er in der Erde liegt, also ohne jede weitere Verarbeitung, Eisenstückchen, selbst aus einiger Entfernung anzuziehen und dann festzuhalten. Der Magneteisenstein ist ein natürlicher Magnet, den man unterscheidet von den künstlichen Magneten, welche noch beschrieben werden sollen.

Künstliche Magneten, welche ausschliesslich zu Versuchen mit Magneten verwendet werden, sind von Stahl und haben meistens die Form von prismatischen Stäben oder hufeisenförmig gebogenen Schienen.

Stahlmagnete sind ebenso starke, oft noch stärkere Magnete als die natürlichen. Sie zeigen jedoch nicht an allen Punkten ihrer Oberfläche gleiche magnetische Kraft. Ein gerader Magnet zeigt an den beiden Enden die stärkste Wirkung, in der Mitte dagegen gar keine. Legt man einen solchen Magnet in Eisenfeile, so bleiben, wenn man ihn aufhebt, kleine Eisentheilchen in grosser Menge an seinen Enden hängen, während er in der Mitte ganz

frei bleibt. Die beiden Enden des Magnets nennt man seine magnetischen Pole, und die um denselben ringsherum laufende Linie, auf welche keine Wirkung ausgeübt wird, seine Mittellinie.

Magnetische Polarität. Hängt man einen Magnetstab so auf, dass er sich nach allen Richtungen frei bewegen kann und nähert man einem solchen Magnet einen zweiten, so wird man finden, dass von dem einen Ende des zweiten Magnets das eine Ende des ersten Magnets angezogen, das andere abgestossen wird. Dieser Versuch zeigt uns, dass die magnetischen Wirkungen an den beiden Polen eines Magnets nicht allein nicht gleichwerthig, sondern geradezu entgegengesetzt sind.

Der frei bewegliche Magnet wird gegen eine bestimmte Richtung auf der Erde stets eine bestimmte Stellung einnehmen. Bezeichnen wir die beiden Enden eines Magnets mit A und B, so können wir sagen: Nicht allein die Richtung der Linie A B zur Erde ist stets dieselbe, sondern auch die Lage der Punkte A und B ist unveränderlich. Ein frei beweglicher Magnet wird Magnetnadel genannt. Die Magnetnadel ist stets von Süden nach Norden gerichtet, und zwar ist das Ende A stets nach Norden und das Ende B stets nach Süden gerichtet. Man nennt deshalb das Ende A den Nordpol und das Ende B den Südpol der Magnetnadel. Dreht man die Magnetnadel so um, dass ihr Südpol nach Norden zeigt, so wird die Nadel sofort eine Drehung annehmen, sobald der Druck aufhört, welcher die anfängliche Drehung bewirkt hat. Diese Richtung der Magnetnadel ist so stabil, dass man aus dem Grade der Ablenkung auf die Grösse der Kraft schliessen kann, welche die Ablenkung bewirkte.

Eine Magnetnadel ist ein an beiden Enden zugespitzter flacher Magnet, der in der Regel in seinem Schwerpunkt durch eine feine Stahlspitze unterstützt ist, auf welcher ein mit der Magnetnadel fest verbundenes Achathütchen aufsitzt.

Nähert man den Nordpol eines Magnets dem Nordpol einer anderen Magnetnadel, so stossen sich beide Pole ab. Ebenso stösst der Südpol einer Nadel den Südpol einer anderen Magnetnadel ab. Gleichnamige Pole stossen sich ab, ungleichnamige dagegen ziehen sich an. Ein Magnet ist demnach in zwei Theile getheilt, die Grenze beider Theile ist die Mittellinie. Der eine Theil ist nordpolar, der andere südpolar. Mit Hülfe einer Magnetnadel kann man also nicht allein Magnetismus im Allgemeinen entdecken, sondern auch gleichzeitig den Charakter desselben entscheiden. Um der Gegensätzlichkeit beider Arten magnetischer Kräfte Ausdruck zu verleihen, nennt man die nordpolare magnetische Kraft positiv und bezeichnet sie mit + E. die südpolare negativ und bezeichnet sie mit — E. Den Gegensatz selbst nennt man die magnetische Polarität.

Magnetisirung des Eisens durch Magnete. Ein kleiner Eisencylinder wird von einem Magnete festgehalten, dadurch ist derselbe auch zum Magnet geworden und kann seinerseits so lange Eisen anziehen, als er mit dem Magnete zusammenhängt. Man kann somit an einen Magnet eine ganze Kette von kleinen Eisenstückchen hängen, die temporär sämmtlich Magnete sind, jedoch um so schwächere, je weiter sie vom ursprünglichen Magnete entfernt sind.

Will man ein Stück Eisen dauernd zum Magnet machen, so kann man dazu mehrere Wege einschlagen, deren einer hier erwähnt werden kann, deren anderer aber bei der Lehre vom Galvanismus besprochen werden soll.

Man bereitet Magnete aus gehärtetem Stahl, fertigt hiervon prismatische Stäbe oder hufeisenförmige Schienen, setzt die Mitte dieses Stabes oder Hufeisens auf den Pol eines Magnets auf und zieht nach seinem Ende ab; mehrmaliges Wiederholen dieser Operation lässt schon eine ansehnliche Magnetisirung des Stahlstückes erreichen; hierauf dreht man das Stahlstück um, setzt seine Mitte auf den anderen Pol auf und streicht nach dem anderen Ende ab. Die beiden Enden des neuen Magnets haben die entgegengesetzte Polarität wie die entsprechenden Enden des alten Magnets. Die magnetische Kraft solcher Magnete ist nicht sehr bedeutend.

Form der künstlichen Magnete. Man giebt den Magneten, je nach der Verwendung, verschiedene Formen. Die Magnetnadel haben wir schon kennen gelernt; sehr gebräuchlich ist der zusammengesetzte Hufeisenmagnet. Er besteht aus mehreren auf einander gelegten hufeisenförmigen Stahlschienen, welche sämmtlich selbst Magnete sind. Die Kraft eines Magnets wird geprüft und gemessen durch Gewichte, welche derselbe zu tragen vermag.

Ein zusammengesetzter Hufeisenmagnet vermag nun lange nicht so viel zu tragen als die Summe der Gewichte beträgt, welche die ihn zusammensetzenden Hufeisenmagnete einzeln tragen können.

Die Tragkraft eines Magnets ist aber beträchtlich grösser, wenn beide Pole belastet sind. Jeder Theil eines Magnets sei im Stande 1 Kilogramm zu tragen, so vermögen beide Pole zusammen ein Gewicht von 6 Kilogrammen festzuhalten. Längere Belastung stärkt einen Magnet. Man versieht daher die Magnete stets mit einem sogenannten Anker.

Magnetische Stäbe legt man so neben einander, dass sich ihre entgegengesetzten Pole berühren oder durch ein Eisenstückchen in Verbindung gehalten werden.

Die Thatsache, dass Magnete kräftiger werden, wenn man sie belastet, zeigt uns den Weg zu einer Erklärung der magnetischen

Erscheinungen. Wir wollen uns auf die Erörterung der Hypothese über das Wesen des Magnetismus nicht einlassen, sondern nur die nothwendige Consequenz aus den mitgetheilten Beobachtungen und Thatsachen ziehen. Es giebt zwei entgegengesetzte magnetische Kräfte. Durch Magnetisirung eines Körpers werden sie, die im normalen Zustand des Körpers gewissermaassen gebunden sind, getrennt, indem die positive Kraft nach der einen Seite, die negative nach der der ersten entgegengesetzten Seite sich hinwendet, wo dieselben dann einzeln zur Wirkung kommen. Die beiden entgegengesetzten Kräfte heben sich auf, üben aber zugleich eine kräftige Anziehung der mit ihnen beladenen Körper aus.

Wirkt positive magnetische Kraft auf einen nicht magnetischen Körper durch Berührung, so sammelt sich an dem Berührungspunkte negative magnetische Kraft des anfänglich neutralen Körpers an; hierdurch wird die positive magnetische Kraft des letzteren nach seiner entgegengesetzten Seite hin getrieben.

Erdmagnetismus. Die Erde ist der stärkste Magnet. Ihre magnetische Kraft ist an den Polen am grössten. Ihre Existenz wird bewiesen durch die Eigenschaft der Magnetnadel, stets eine Richtung von Süden nach Norden zu nehmen. Der Nordpol der Magnetnadel weist auf den magnetischen Nordpol der Erde hin, und umgekehrt der Südpol der Magnetnadel auf den magnetischen Südpol der Erde. Der magnetische Nordpol der Erde fällt jedoch nicht genau mit dem geographischen Nordpol zusammen, ebenso wenig ist dies bei dem magnetischen Südpol der Fall. Die Magnetnadel zeigt deshalb eine kleine Abweichung von der Richtung des Meridians. Diese Abweichung nennt man Declination; dieselbe kann man messen, wenn man eine Magnetnadel auf eine stählerne Spitze aufsetzt, welche im Mittelpunkt eines in Grade eingetheilten Kreises sich befindet. Ein solcher Apparat wird Compass oder Bussole genannt. Richtet man den getheilten Kreis so, dass sein Nullpunkt nach Norden weist, so wird die Magnetnadel in Berlin um 15° 20',8 nach Westen abweichen. An anderen Orten der Erde wird die Abweichung eine etwas grössere oder geringere sein. Wie die Declination je nach der Lage des Beobachtungsortes verschieden ist, so wechselt sie auch mit der Zeit. Das Maximum der Declination war im Jahre 1814 in Paris zu 22° 34' gefunden worden. Seitdem hat sie stetig abgenommen, in den letzten zwanzig Jahren etwa um 6 Minuten jährlich.

Eine Linie, welche sich um den Erdball zieht und nahezu, aber nicht genau, mit dem Aequator zusammenfällt, wird der magnetische Aequator genannt. An Orten, welche auf dieser Linie liegen, steht die Magnetnadel horizontal. Je näher man mit einer Magnetnadel den Polen kommt, desto stärker ist die Steigung gegen die Horizontale und zwar neigt sich an Orten auf der nörd-

lichen Hemisphäre der Nordpol der Magnetnadel, auf der südlichen Hemisphäre der Südpol. Diese Abweichung der Magnetnadel von der Horizontalen nennt man Inclination.

Es giebt zwei Orte auf der Erde, wo die Nadel senkrecht steht. Bei 70° 5′ nördlicher Breite und 263° 14′ östlicher Länge von Greenwich steht der Nordpol der Magnetnadel senkrecht nach unten. Der andere Punkt ist wahrscheinlich bei 72° 35′ südlicher Breite und 152° 52′ östlicher Länge, wo der Südpol der Magnetnadel senkrecht nach unten gerichtet ist. Diese beiden Punkte sind die magnetischen Pole der Erde. Ueber denselben ist die Magnetnadel in der Horizontale richtungslos. Um die Inclination zu erkennen und zu bestimmen, bedarf man natürlich einer Magnetnadel, welche um eine horizontale drehbare Axe läuft. Auch die Inclination ist Schwankungen unterworfen.

Es ist höchst interessant, dass der Erdmagnetismus im Stande ist, Eisen magnetisch zu machen. Hält man eine 2—3 Fuss lange Stange in die Richtung einer Inclinationsnadel, so wird sie magnetisch, ihr Nordpol ist unten, der Südpol oben. Dreht man sie um, so ist auch bald ihre Polarität umgekehrt. So magnetisch gemachtes Eisen kann dauernd magnetisch gemacht werden durch einige Schläge mit dem Hammer.

Die Wirkung eines Magnets nimmt mit der Entfernung sehr beträchtlich ab. Bei Versuchen über die Anziehung durch Magnete ist zu berücksichtigen, dass beide Pole gleichzeitig und im entgegengesetzten Sinne wirken. Dies ist auch der Grund, warum eine Magnetnadel, welche man auf Wasser schwimmen lässt, nicht nach dem Pole hingezogen wird. Der magnetische Pol der Erde wirkt anziehend auf den einen Pol der Magnetnadel und abstossend auf den anderen. Die Verschiedenheit der Entfernung der beiden Pole einer Magnetnadel vom magnetischen Pole der Erde ist relativ sehr gering, darum ist auch der Unterschied beider entgegengesetzten Wirkungen verschwindend, während bei grösserer Nähe dieser Unterschied bedeutend genug ist, um eine Annäherung zweier Magnete zu veranlassen.

Magnetische Körper. Nur sehr wenige Körper haben die Eigenschaft magnetisch werden zu können. Ausser Eisen sind es noch die Metalle Kobalt und Nickel, welche übrigens nur äusserst schwache Magnete liefern. Mangan, Chrom, Palladium, Platin, Aluminium und einige andere werden vom Magnet angezogen, können aber nicht selbst magnetisch werden. Stäbe von Aluminium neben einer Magnetnadel aufgehängt, stellen ihre Längsrichtung parallel der Nadel. Ihre Enden werden sowohl vom Nordpol als auch vom Südpol der Nadel angezogen.

Diamagnetische Körper sind solche, welche von beiden Polen eines Magnets abgestossen werden. Diese Abstossung be-

wirkt, dass sich der Stab eines diamagnetischen Körpers, neben einen Magnet aufgehängt, mit seiner Längsrichtung senkrecht zu derjenigen des Magnets stellt. Besonders stark diamagnetisch sind Wismuth, Antimon, Zinn, Phosphor und Flintglas. Um die diamagnetische Kraft eines Körpers beobachten zu können, muss man einen starken Magnet anwenden, weil selbst die stärksten diagmetischen Körper diese Eigenschaft nur in sehr geringem Grade haben.

Reibungselectricität.

Harz, Bernstein, Glas und einige andere Körper erlangen die Eigenschaft andere Körper anzuziehen, wenn man sie mit einem wollenen Lappen einige Zeit stark reibt. Papierschnitzel, Hollundermarkkügelchen und ähnliche leichte Körper können sogar aus einiger Entfernung (etwa 1—2 Zoll) durch einen geriebenen Glasstab angezogen werden. Man nennt Körper, welche durch Reibung diese Eigenschaft erlangt haben, electrische Körper, und die Eigenschaft selbst die Electricität. Nur wenige Körper können durch Reibung electrisch gemacht werden, dagegen kann sehr vielen Electricität durch Leitung beigebracht werden. Wie die Wärme, so wird auch die Electricität von der Materie fortgeleitet. Die Eigenschaft die Electricität zu leiten, haben die verschiedenen Körper in verschieden hohem Grade. Diejenigen Körper, welche die Electricität gut leiten, nennt man gute Leiter. die anderen schlechte Leiter. Luft, Glas, Harze leiten die Electricität sehr schlecht; umgiebt man einen electrischen Körper mit schlechten Leitern, so behält er seine electrische Kraft sehr lang, andernfalls wird sie durch die Leiter, welche mit ihm in Berührung sind, abgeführt.

Einen Leiter der Electricität, welcher nur von schlechten Leitern umgeben ist, nennt man isolirt. Glas eignet sich vortrefflich dazu electrische Massen zu isoliren. Man nennt solche Substanzen Isolatoren; Glas, Schellack, Guttapercha und Siegellack gehören zu den besten Isolatoren.

Wie schon gesagt, äussert sich die electrische Kraft durch Anziehung kleiner leichter Körperchen. Man beobachtet übrigens die Erscheinung, dass auch in gewissen Fällen eine Abstossung erfolgen kann. Jeder Apparat, welcher die Anwesenheit von Electricität erkennen lässt, wird Electroskop genannt.

Ein Electroskop besteht aus einem Stativ, an welchem mit

Hülfe eines Fadens ein Hollundermarkkügelchen aufgehängt ist. Nähert man diesem Hollundermarkkügelchen einen durch Reiben electrisch gemachten Körper, so wird dasselbe entweder angezogen oder abgestossen. Diese beiden Wirkungen weisen auf die Existenz zweier entgegengesetzter Electricitäten hin. Wir werden noch ausführlicher sehen, dass gerade dieser Gegensatz das electrische Verhalten der Körper bedingt, d. h. dass durch die Erregung dieses Gegensatzes die electrische Kraft erzeugt wird.

Man nennt die Electricität, welche das Glas beim Reiben mit Seide erlangt, oder die Glaselectricität, positiv, die Harzelectricität dagegen negativ. Ein mit positiver Electricität geladener Körper zieht einen anderen Körper, der mit negativer Electricität geladen ist, an, stösst aber einen Körper ab, der mit positiver Electricität geladen ist. Wie bei den magnetischen Kräften, so stossen sich auch die gleichnamigen electrischen Kräfte gegenseitig ab, während sich die ungleichnamigen anziehen.

Die Einrichtung eines sehr gebräuchlichen Electroskops, welches namentlich sehr geringe Quantitäten electrischer Kraft wahrzunehmen gestattet, beruht auf dieser Eigenschaft. Es besteht dieses Electroskop aus zwei dicht neben einander aufgehängten Hollundermarkkügelchen oder Binsenmarkstäbchen von 5—6 Centimeter Länge. Zwei Binsenmarkstäbchen sind mittelst sehr dünnen Silberdrahtes an einem dicken Messingdraht befestigt, welcher in dem Korkstopfen einer Glasflasche steckt, die zur Aufnahme der Binsenmarkstäbchen bestimmt ist. An dem dicken Messingdraht ist eine Messingplatte befestigt. Diejenige Stelle des Messingdrahtes, welche in dem Korke steckt, muss mit Schellack überzogen sein, um denselben zu isoliren. Soll das Electroskop sehr empfindlich sein, so nimmt man anstatt des Binsenmarks ächtes Blattgold, welches man in Streifen schneidet und ebenso einfügt wie die Binsenmarkstäbchen. Sobald ein electrischer Körper die Messingplatte berührt, werden die beiden Binsenmarkstäbchen oder Goldblättchen, welche sich berühren, auseinander gehen. Beide werden nämlich gleichnamige Electricität empfangen und sich in Folge dessen abstossen. Solche Electroskope nennt man Pendelelectroskope.

Dass positive und negative Electricität sich gegenseitig zerstören, nach Massgabe ihrer relativen Mengen oder Spannungen, lässt sich in folgender Weise nachweisen. Einem Pendelelectroskop werde negative Electricität mitgetheilt, die Goldblättchen gehen dann auseinander; hierauf setze man dieses Electroskop in leitende Verbindung mit einem zweiten, so werden die Goldblättchen in diesem ebenfalls auseinandergehen, während sich diejenigen im ersten Electroskop einander etwas nähern. Nachdem sich die electrische Spannung in beiden Electroskopen ausgeglichen

hat, sind die Goldblättchen in beiden gleich weit auseinander. Nun löst man die Verbindung, theilt dem einen Electroskop positive Electricität mit und zwar so viel, dass die gleiche Divergenz der beiden Goldblättchen wie bei dem Vorhandensein der negativen Electricität stattfindet. Verbindet man nun die beiden Electroskope wieder, so gehen die Goldblättchen in beiden zusammen, da sich die entgegengesetzten Electricitäten gegenseitig neutralisiren.

Wir sehen ferner aus diesem Versuch, dass gleiche Divergenz der Goldblättchen im Electroskop bei gleicher electrischer Spannung stattfindet.

Ein Electroskop kann als Electrometer dienen, wenn eine Kreistheilung derart angebracht ist, dass man die Grösse der Divergenz des Pendelpaars bestimmen kann.

Gebundene Electricität. Wenn man einer isolirten Metallplatte positive Electricität mittheilt, hierauf eine isolirende Schicht auf dieselbe legt und dann eine mit negativer Electricität geladene Metallplatte, so kann man beide Metallplatten mit Leitern in Berührung lassen, ohne dass die Electricität aus denselben abgeleitet wird. Die positive Electricität in der einen Platte ist gebunden durch die negative Electricität in der anderen, und zwar verhalten sich die entgegengesetzten Spannungen in beiden Platten so, dass sie sich gegenseitig aufheben würden, wenn die isolirende Scheibe zwischen ihnen weggenommen würde.

Diese gegenseitige Bindung von Electricität bewirkt eine Anhäufung derselben an einem Punkte eines Körpers beim Herannahen eines mit entgegengesetzter Electricität versehenen Körpers. Man nennt diese Erscheinung die Influenz, deren Folge die electrische Vertheilung ist. Bringt man einen negativ electrischen Körper in die Nähe des einen Endes eines indifferenten Stabes, so wird sich an diesem Ende positive Electricität anhäufen, während am anderen Ende negative Electricität zum Vorschein kommt.

Es ist also klar, dass die Platte eines Electroskops stets mit einer Electricität geladen ist, entgegengesetzt derjenigen, welche die Divergenz des Pendels bewirkt.

Der electrische Funken. Nähert man einen Körper, der mit Electricität beladen ist, einem anderen indifferenten, so findet, wie wir gesehen haben, electrische Vertheilung in diesem letzteren statt; dieselbe bewirkt eine um so stärkere Anhäufung von Electricität an der einen Seite, je näher der electrische Körper gebracht wird und je stärker die Spannung in dem letzteren ist. Es kommt nun sehr häufig vor, dass schon, ehe eine Berührung des electrischen Körpers mit dem anderen stattfindet, eine Ausgleichung beider Electricitätsarten vor sich geht, indem die

zwischen beiden liegende isolirende Luftschicht durchbrochen wird. Dieser Uebergang der Electricität von einem zum anderen Körper, ohne dass materielle Berührung stattfindet, ist dann stets von einer mehr oder weniger starken Lichterscheinung und einem mehr oder weniger starken Geräusch begleitet. Diese Lichterscheinung nennt man den electrischen Funken.

Ein electrischer Funken erscheint, sobald sich entgegengesetzte Electricitäten ausgleichen, indem sie eine Luftschicht durchbrechen. Der Blitz ist ein electrischer Funken im grossen Maassstabe. Er entsteht, sobald zwei Wolkenschichten, welche mit entgegengesetzter Electricität geladen sind, in eine gewisse Nähe zu einander kommen. Die Entladung der Electricität mit Funkenbildung findet jedoch nicht immer statt, wenn eine grosse Anhäufung von Electricität geschehen ist; sondern nur dann, wenn dem Austritt der Electricität aus einem Körper durch die Form dieses Körpers ein Hinderniss erwächst.

Aus Spitzen strömt die Electricität mit Leichtigkeit aus; an Spitzen wird man deshalb auch keinen electrischen Funken erzeugen. Die Einrichtung des Blitzableiters beruht hierauf. Will man einen electrischen Funken erzeugen, so muss man zwei kugelförmige Körper, die mit entgegengesetzter Electricität geladen sind, einander nähern.

Blitz. Während eines Gewitters oder unmittelbar vorher füllen sich die Wolken mit freier Electricität an, deren gegenseitige plötzliche Entladung unter bedeutender Funkenbildung erfolgt. Kommen zwei Wolken einander nahe, welche mit entgegengesetzten Electricitäten geladen sind, so wird ein Blitz entstehen, d. h. es werden sich die beiden Wolken gegenseitig entladen und diese Entladung wird von einer Blitzerscheinung begleitet sein. Der Blitz ist demnach ein starker electrischer Funken, der zwischen Wolken überspringt. Naht sich eine Wolke, welche mit freier Electricität geladen ist, der Erde, so wird auch hier ein Blitz entstehen; sobald nämlich eine beispielsweise mit positiver Electricität geladene Wolke in die Nähe der Erde kommt, sammelt sich an der Stelle der Erde, welche der Wolke am nächsten ist, freie Electricität an und zwar solche, welche der Wolkenelectricität entgegengesetzt, also negativ ist. Ist die electrische Spannung in der Wolke und der Erde ausreichend stark geworden, um eine Durchbrechung der die Wolke von der Erde trennenden Luftschicht möglich zu machen, so wird eine plötzliche Entladung der Wolke stattfinden, ein Blitz wird zwischen Wolke und Erde überschlagen.

Auf der Thatsache, dass ein mit Electricität geladener Körper bei seiner Annäherung an einen anderen eine Vertheilung der

in letzterem enthaltenen gebundenen Electricitäten bewirkt, beruht die Entstehung des Blitzes.

Es ist jedoch nicht gesagt, dass die Entladung einer Wolke bei Annäherung an die Erde stets mit Blitzerscheinung verbunden sein muss; dieselbe muss nicht immer eine rapide, plötzliche sein, sondern kann ganz allmälig verlaufen. Befinden sich an der betreffenden Stelle der Erde bedeutende Erhöhungen, welche in Spitzen auslaufen, so kann die in der Erde entstandene freie Electricität langsam nach der Wolke hin ausströmen und demgemäss eine langsame Entladung der Wolke bewirken. In der Regel sind jedoch gerade diejenigen Stellen der Erde am häufigsten von Blitzschlägen heimgesucht, an denen sich solche Erhöhungen befinden, wie z. B. hohe Bäume, Thürme und dergleichen. Von solchen Erhöhungen strömt eben auch die in der Erde enthaltene freie Electricität nicht aus, weil diese Erhöhungen in der Regel nicht spitz genug auslaufen. Will man eine Stelle vor Blitzschlägen schützen, so muss man eine als Blitzableiter wirkende Spitze, welche alle anderen unmittelbar benachbarten Erhöhungen überragt, aufstellen, und dieselbe zunächst aus einem Materiale verfertigen, welches ein guter Electricitätsleiter ist, und muss dieselbe ferner in vollständige und gut leitende Verbindung mit der Erde setzen.

Der gewöhnliche Blitzableiter, dessen Erfindung wir Franklin verdanken, besteht am vortheilhaftesten aus einer scharf zugespitzten Metallstange, deren feine Spitze vergoldet ist. Diese Metallstange wird auf einem hohen Punkte, etwa auf dem Dache eines Hauses befestigt und in sehr gute, nirgends unterbrochene leitende Verbindung mit der Erde gesetzt, wobei dafür gesorgt sein muss, dass die Erde an der Stelle, an welcher die metallene Leitung von der Metallstange aufhört, stets Feuchtigkeit vorhanden sei, damit auch wirklich die gewünschte electrische Vertheilung an dieser Stelle der Erde möglich sei. Mündet eine Blitzableiterleitung in sehr trocknes Erdreich ein, so kann es kommen, dass der Blitzableiter seinen Dienst versagt, weil ihm von der Erde nicht genug Electricität zum Ausgleich der Wolkenelectricität geliefert wird, denn trockne Erde ist ein schlechter Electricitätsleiter.

Ist ein Blitzableiter schlecht im Stande, so kann mehr Schaden entstehen, als wenn er gar nicht da wäre; ist z. B. an irgend einer Stelle die leitende Verbindung mit der Erde unterbrochen, so wird das isolirte Stück der Leitung sammt der spitzen Metallstange ein Magazin für freie Electricität sein, es wird sich in demselben bei Annäherung einer electrischen Wolke eine grosse Menge freier Electricität nicht allein ansammeln können, sondern sogar ansammeln müssen, da durch eine positive electrische Wolke eine

grosse Menge negativer Electricität aus ihm herausgezogen wird, wodurch selbstverständlich eine unter Umständen ungeheure Anhäufung positiver Electricität in demselben bewirkt wird. Ist die Spitze des Blitzableiters stumpf, so wird der Effect, den man zu erreichen beabsichtigt, gleichfalls nicht erreicht, da in einem Falle beim Herannahen einer electrischen Wolke eine Anhäufung von freier Electricität zwar eintritt, aber damit nicht ein langsames Abfliessen der letzteren in Verbindung steht und folglich auch keine langsame Entladung der electrischen Wolke die Folge sein kann. Im Gegentheil wird ein stumpfer Blitzableiter, weil er in die Höhe ragt, ein geeigneter Punkt sein, an dem eine plötzliche, von Blitzschlag begleitete Entladung der electrischen Wolke stattfinden wird. Der Blitz wird also in einen stumpfen Blitzableiter einschlagen, jedoch an demselben in die Erde laufen, und nur in seltenen Fällen eine Beschädigung verursachen. Hat jedoch gleichzeitig die Leitung der Metallstange zur Erde einen Schaden, ist dieselbe irgendwo unterbrochen, so wird der Blitz nicht an dieser Leitung in die Erde laufen können, sondern er wird sich an der unterbrechenden Stelle nach den Seiten ausbreiten und unter Umständen grossen Schaden anrichten.

Gerade an den verheerenden Wirkungen des Blitzes kann man die bedeutende Kraft des electrischen Funkens deutlich wahrnehmen. Es wird in einem späteren Paragraphen von den Wirkungen des electrischen Funkens noch etwas ausführlicher die Rede sein, wir wollen hier nur an die allgemein bekannte entzündende Kraft des Blitzes erinnern, der nur zu häufig von den Menschen beobachtet werden kann.

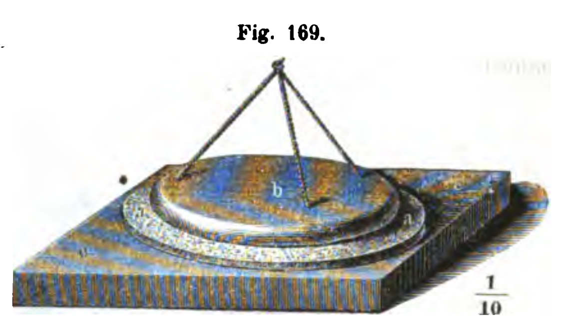
Electrophor. Nachdem wir nun so wesentliche Eigenschaften der Electricität kennen gelernt haben, wollen wir uns mit den Apparaten bekannt machen, welche man anwendet, um Electricität zu erzeugen. Wir betrachten zunächst das Electrophor, welches ein höchst einfacher Apparat zur Erzeugung etwas bedeutenderer Electricitätsmengen ist.

Fig. 169 stellt ein Electrophor in $^1/_{10}$ seiner gewöhnlichen Grösse dar, und Fig. 170 ist eine schematische Darstellung desselben.

Das Electrophor besteht aus folgenden Theilen: c c Fig. 170 ist ein mit Stanniol überzogenes Brett oder ein Stück Metall, a a ist ein Harzkuchen (bestehend aus Schellack und Wachs oder Terpentin) oder eine Platte von Hartkaoutschouk, die dicht und fest auf der metallenen Unterlage aufsitzt und auch auf ihrer oberen Fläche glatt und eben sein muss, damit der Metalldeckel b b beim Auflegen in innige Berührung kommen kann.

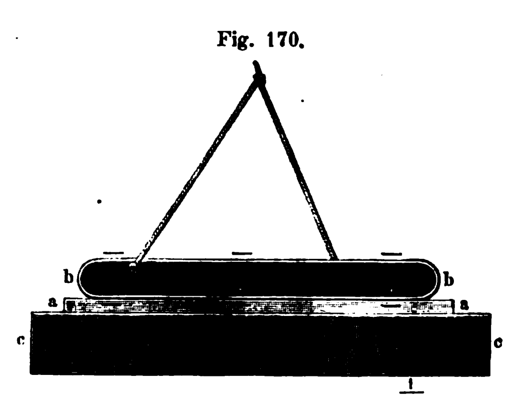
Will man Electricität entwickeln, so hebt man den metallenen Deckel b b mit Hülfe von seidenen Schnüren auf, schlägt mit

Fig. 169.



einem Stücke Pelz auf den Harzkuchen und setzt, nachdem man dies eine Weile fortgetrieben hat, den Metalldeckel flach auf; man hat nun in dem Deckel eine mehr oder minder grosse electrische Spannung hervorgerufen, und zwar wird die daselbst angehäufte Electricität negativ (— E) sein. Nähert man dem Deckel die Hand, so springt bei genügender Spannung ein Funke über; legt man aber die Hand auf, so fliesst die gesammte angehäufte negative Electricität ab. Der Deckel

Fig. 170.



wird nun nach dem Abheben vom Harzkuchen mit positiver Electricität (+ E) geladen sein und zwar so stark, dass man einen Funken aus demselben ziehen kann.

Aus der schematischen Zeichnung, Fig. 170, ist leicht der Zusammenhang dieser Erscheinungen zu ersehen.

Die Harzfläche a a erhält durch das Schlagen mit dem Pelze negative Electricität (welche wir nun mit — E bezeichnen wollen), was durch die beiden Minuszeichen auf a a angedeutet wird; setzt man hierauf den Deckel b b fest auf, so werden die in demselben verbundenen Electricitäten vertheilt und zwar sammelt sich — E an der oberen Fläche an, während eine dem — E im Harzkuchen entsprechende Menge + E (positive Electricität) an der unteren Fläche des Deckels angehäuft wird; berührt man nun den Deckel mit dem Finger, so wird die — E desselben abströmen, was von einer Funkenbildung begleitet sein kann, während + E des Deckels durch — E des Harzkuchens zurückgehalten wird. Nach dem Abheben des Deckels enthält derselbe freie + E, welche zur Bildung von Funken Veranlassung geben kann, wenn man

die Hand oder irgend einen gut leitenden Körper demselben nähert.



Fig. 171.

Die metallene Unterlage hat den Zweck, die Anhäufung einer grösseren Menge — E im Harzkuchen zu ermöglichen. Ohne metallene Unterlage wäre der Harzkuchen nur zur Aufnahme einer geringen Quantität — E befähigt, da sobald ein gewisser Punkt

erreicht wäre — E des Harzkuchens bei weiterer Berührung mit dem Pelze mit der in letzterem enthaltenen freien + E sich ausgleichen müsste; durch die metallene Unterlage wird — E fester auf dem Harzkuchen gebunden und zwar in Folge einer Vertheilung der gebundenen Electricitäten in der Unterlage, wobei + E erhalten wird, welche die — E des Harzkuchens bindet, während — E der Unterlage abfliesst.

Electrisirmaschine.

Mit Hülfe des Electrophors ist man zwar im Stande Electricität in so grosser Menge anzuhäufen, dass Funken erhalten werden können, man wird sich jedoch zur Erzeugung irgendwie bedeutenderer Electricitätsmengen mit Vortheil anderer Apparate bedienen.

Fig. 171 stellt eine Electrisirmaschine dar, welche bei richtiger Behandlung sehr bedeutende Electricitätsentwicklung gestattet.

Die geriebene Masse ist hier Glas, und zwar eine runde Glastafel.

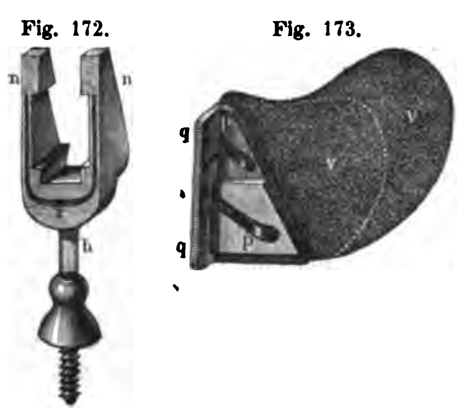
Die reibende Masse ist Leder, welches mit Zinkamalgam überzogen ist und behufs inniger Berührung mit der Glastafel fest an dieselbe angedrückt wird.

Die Rolle des Electrophordeckels übernimmt hier der Conductor, eine von einer Glasstange getragene hohle Messingkugel, in der Figur mit a bezeichnet.

Die nähere Einrichtung dieser Electrisirmaschine ist folgende:

Eine runde Glastafel ist an einer zum Theil gläsernen, mit Hülfe einer Handhabe drehbaren Axe i befestigt, welche einerseits auf dem Glasfuss s, andrerseits auf einer hölzernen Unterlage ruht. Diese Scheibe reibt bei ihrer Drehung um die Axe i an dem auf dem Glasfusse h ruhenden, in Fig. 172 und 173 ausführlich dargestellten Reibzeug, welches als Reibmaterial mit Zinkamalgam überzogenes Leder trägt. Eine in Fig. 173 deutlich dargestellter Fortsatz dieses Reibleders, welches aus Wachstaffet besteht, bedeckt den unteren Theil der Glastafel bis in die Nähe des Conductors a. An dem

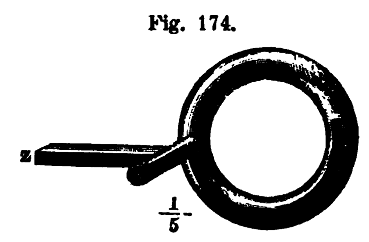
Fig. 172. Fig. 173.



Reibzeug ist ferner noch ein hohler Messingcylinder O angebracht, der zur Aufnahme der im Reibzeug entwickelten positiven Electricität dient.

Der Conductor a mit der daran befindlichen Saugvorrichtung bedarf noch einer näheren Erklärung. Derselbe ist eine hohle Messingkugel, in welche mehrere Blechhülsen eingelöthet sind, und der auf einer Glasstange g ruht. Die Blechhülsen dienen zur Aufnahme verschiedener Vorrichtungen, welche bei Versuchen mit der Electrisirmaschine Verwendung finden. Eine derartige Blechhülse in horizontaler Richtung nimmt nun die in Fig. 174 besonders dargestellte Saugvorrichtung auf. Letztere besteht aus zwei Ringen von polirtem Holz, welche an der Innenseite, das heisst an der mit der Glastafel in Berührung befindlichen Seite, mit Rinnen versehen sind, deren Boden mit Stanniol belegt ist, aus welchem eine Reihe feiner Nadelspitzen gegen die Scheibe hervorragt. In der Fig. 174 ist der eine Holzring weggelassen, um die Einrichtung des andern sichtbar zu machen. Der Stab z ist eckig wie die Blechhülse in der er steckt, damit keine Drehung der Saugvorrichtung um eine horizontale Axe stattfinden kann, und ist durch ein Stanniolstreifchen mit dem Stanniol der Rinnen verbunden, wodurch eine vollkommene metallische Verbindung des Conductors mit der Rinne hergestellt wird.

Fig. 174.



Auch das Reibzeug ist eine complicirte Einrichtung und verdient nähere Betrachtung.

Fig. 172 stellt die äussere Hülle, n n, des Reibzeuges, welche aus Holz gefertigt ist, dar; der andere Theil ist in Fig. 173 abgebildet; dieser Theil wird in jene hölzerne Hülle derart eingesetzt, dass er genau in die Falze derselben hineinpasst; hierdurch werden die beiden Stahlfedern p, Fig. 173, fest auf die kleinen Brettchen gedrückt, welche das amalgamirte Leder tragen. V V, Fig. 173, ist der Fortsatz von Wachstaffet, von dem oben schon die Rede war und dessen Zweck es ist, das Entweichen der auf der Glasplatte und im Reibzeuge entstandenen Electricität zu verhindern, ehe die beladene Stelle der Glastafel bei ihrer Drehung in die Nähe der Saugvorrichtung bei a kommt. Das Loch r, Fig. 172, dient zur Befestigung des Conductors O. Die Glastafel bewegt sich nun bei ihrer Drehung zwischen zwei amalgamirten Ledern und zwei Fortsätzen von Wachstaffet, welche in der beschriebenen Vorrichtung befestigt sind und mit Hülfe der Federn p an dieselbe angedrückt werden.

Die übrigen Theile des Apparates sind aus der Zeichnung Fig. 171 verständlich.

Soll mit dieser Maschine Electricität erzeugt werden, so wird die Glastafel um ihre horizontale Axe gedreht, dabei reibt sie an den Reibkissen und wird positiv electrisch. Kommen alsdann die positiv electrischen Stellen der Glastafel mit den Nadelspitzen der Saugvorrichtung in Berührung, so strömt — E zur Glastafel ab, + E derselben neutralisirend, während + E in den Conductor abfliesst. Nach kürzer oder länger fortgesetztem Drehen der Glastafel sammelt sich eine kleinere oder grössere Menge positiver Electricität im Conductor a. Während des Drehens ist der Conductor o durch eine Metallkette in leitende Verbindung mit der Erde gesetzt.

Beabsichtigt man — E anzusammeln, so verbindet man den Conductor a durch eine Metallkette mit der Erde und erhält alsdann im Conductor o — E.

Eine andere Maschine von höchster Leistungsfähigkeit ist die Holtz'sche sogenannte Influenzmaschine oder Electrophormaschine, deren Beschreibung uns hier zu weit führen würde und bezüglich deren wir auf die ausführlicheren Werke über Physik verweisen wollen.

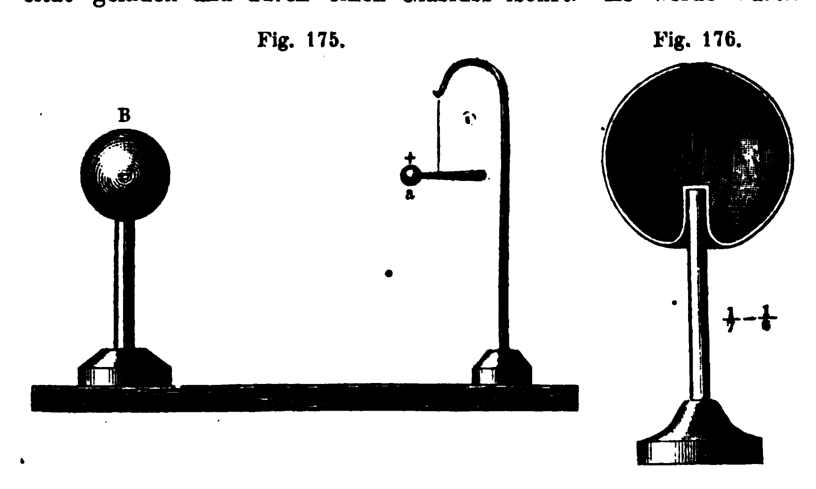
Eine höchst merkwürdige Maschine zur Erzeugung von Electricität ist die Dampfelectrisirmaschine, bei welcher Wasserdampf durch rasches Ausströmen aus eigenthümlich construirten Oeffnungen electrisch wird, während der Dampfkessel, an welchem sich diese Ausflussöffnungen befinden, die entgegengesetzte Electricität erhält.

Wirkung der Electricität in verschiedenen Entfernungen. Die Anziehung oder Abstossung, welche electrische Körper auf andere electrische oder nicht electrische Körper ausüben, ist je nach der Entfernung, in der sich die betreffenden Körper von einander befinden, verschieden. Eine Messingkugel B, Fig. 175, die mit negativer Electricität geladen, und ein kleines Stäbchen von Schellack, welches an einem Seidenfaden aufgehängt ist und eine kleine, metallene, mit + E geladene Metallkugel a trägt, befinden sich in einer gewissen Entfernung von einander. Bei der angegebenen Ladung wird das Stäbchen, welches um eine verticale Axe, also in horizontaler Ebene, frei beweglich ist, die in der Figur angegebene Stellung einnehmen. Dreht man dasselbe aus dieser Stellung, so wird bei Aufhören des hierzu nöthigen Druckes ein Oscilliren des Stäbchens beginnen, welches um so rascher sein wird, je stärker die Wirkung der electrischen Messingkugel auf das Schellackstäbchen ist. Man findet nun, dass die Schwingungen um so langsamer sind, je weiter die Entfernungen zwischen Metallkugel und Stäbchen ist. Genau ausgedrückt ist die Wirkung

der Metallkugel auf das Stäbchen, resp. auf die an demselben befestigte Kugel, umgekehrt proportional der Entfernung beider Gegenstände von einander.

Vertheilung der Electricität auf der Oberfläche der Körper. Die in einem Körper enthaltenen gebundenen Electricitäten sind wahrscheinlich durch die ganze Masse gleichmässig vertheilt. Die freie Electricität vertheilt sich dagegen nur auf die Oberfläche der Körper. Durch einen höchst einfachen Versuch lässt sich diese Thatsache erweisen. Eine hohle Messingkugel von der in Fig. 176 dargestellten Form sei schwach mit Electricität geladen und durch einen Glasfuss isolirt. Es werde durch

Fig. 175. Fig. 176.



eine oben angebrachte Oeffnung ein kleines sogenanntes Probescheibchen, d. i. ein kleines Scheibchen von Messingblech, welches an einem Schellackstabe oder einem überfirnissten Glasstabe befestigt ist, eingeführt und mit diesem die innere Wand der Hohlkugel berührt. Nachherige Berührung des Probescheibchens mit einem Electroscop zeigt, dass das Probescheibchen ganz unelectrisch geblieben, was nicht hätte der Fall sein können, wenn nicht die innere Fläche der Hohlkugel ebenfalls ganz unelectrisch gewesen wäre. Das gleiche Probescheibchen würde bei Berührung mit der äusseren Fläche der Kugel electrisch geworden sein.

Es zeigt dieser Versuch aufs Deutlichste, dass die freie Electricität ihren Sitz nur auf der Oberfläche der Körper hat.

Die Vertheilung der Electricität auf der Oberfläche nichtkugelförmiger Körper ist keine gleichmässige, indem die Dichte oder Spannung an verschiedenen Stellen der Oberfläche verschieden gross ist. Auf der Oberfläche eines eiförmigen Körpers ist die

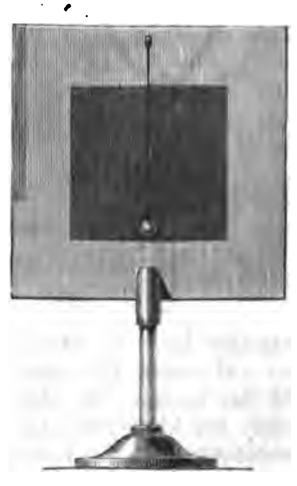
Dichte oder Spannung am spitzen Ende am grössten und zwar um so grösser je spitzer dasselbe. Diesem Umstande ist es auch zuzuschreiben, dass die Electricität aus Spitzen am leichtesten in die Luft entweicht, denn je grösser die electrische Spannung, desto grösser ist auch die Menge von Electricität, welche in derselben Zeit an die Luft abgegeben wird.

Es ist schon gesagt worden, dass es nicht gelingt aus einer Spitze einen Funken zu ziehen; obgleich also in der Spitze die electrische Ladung am grössten ist, kann diese Erscheinung, welche die Folge starker electrischer Spannungen ist, nicht stattfinden. Zur Entstehung eines electrischen Funkens ist es nothwendig, dass der Ausgleichung electrischer Spannung ein Widerstand entgegengesetzt werde. Dieser Widerstand ist in Spitzen nicht vorhanden, weshalb das Ausströmen der Electricität sehr leicht und allmälig stattfindet, nicht unter plötzlicher Entladung.

Influenzelectricität (Gebundene Electricität). Wir haben schon oben, Seite 733, das Wesen der gebundenen Electricität kennen gelernt. Mehrere electrische Apparate verdanken ihre Wirksamkeit der gebundenen oder Influenzelectricität, die wir deshalb etwas genauer betrachten wollen.

Wird ein electrischer Körper einem anderen nicht electrischen genähert, so bewirkt er zunächst durch Influenz eine electrische Vertheilung in dem vorher neutralen Körper; es wird Electricität, entgegengesetzt derjenigen, mit welcher der electrische Körper beladen ist, an derjenigen Stelle des vorher neutralen Körpers angesammelt, welche dem electrischen Körper am nächsten ist. Diese Ansammlung von Electricität oder Spannung wird um so bedeutender sein, je geringer die Entfernung beider Körper von einander ist. Ist eine Luftschicht das trennende Mittel, so wird die Annäherung nur bis zu einer relativ grossen Entfernung gebracht werden dürfen, weil über diese hinaus eine Ausgleichung der beiderseitigen Spannungen stattfinden würde. Trennt man dagegen beide Körper durch Glas oder einen ähnlichen Nichtleiter der Electricität, so kann die Annäherung viel weiter getrieben und damit eine bei weitem grössere Spannung erreicht werden.

Fig. 177.

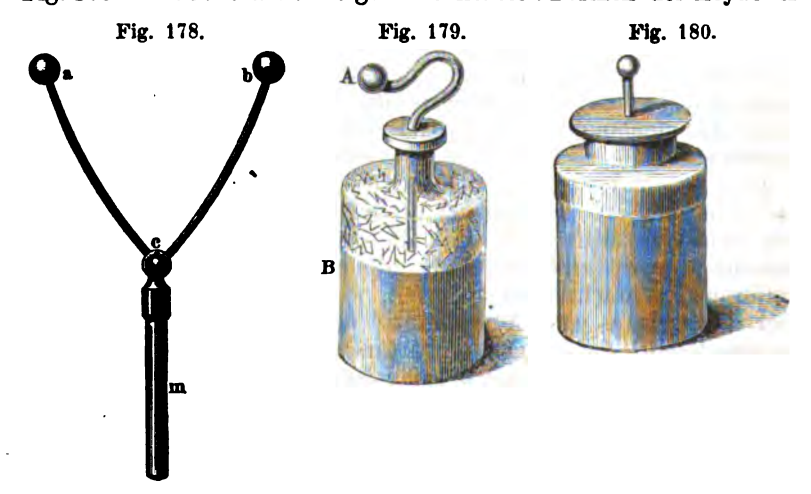


Die Franklin'sche Tafel, Fig. 177, ist ein Apparat, an dem sich die Erscheinung der Influenz, die Bildung von Influenzelectricität, sehr klar machen lässt

Die Franklin'sche Tafel besteht aus einer Glasplatte, welche auf beiden Seiten mit Stanniolbelegungen versehen ist. Um dieselbe zu laden, bedarf es nur der Verbindung einer Stanniolbelegung mit einer Electricitätsquelle, während man die andere mit dem Erdboden in leitende Verbindung setzt. Während die eine Belegung mit + E geladen ist, wird die andere Belegung negativ electrisch sein. Setzt man alsdann durch irgend eine Vorrichtung beide Belegungen in leitende Verbindung, so findet eine Ausgleichung der beiderseitigen Spannungen unter Funkenbildung statt. Ein sehr geeigneter Apparat, um dies zu bewerkstelligen, ist der sogenannte Auslader, Fig. 178; derselbe besteht aus zwei an einem Glasstabe befestigten, mit Hülfe des Charniers c gegen einander beweglichen, an ihren Enden Messingkugeln (a und b) tragenden Messingstäben. Berührt man mit der einen Kugel des Ausladers die eine Belegung einer Franklin'schen Tafel und nähert die andere Kugel des Ausladers der anderen Belegung der Tafel, so wird bei einer gewissen Entfernung der Kugel von dieser Belegung ein Funken überspringen und damit eine Ausgleichung der Electricitäten in beiden Belegungen stattfinden.

Die Leydener Flasche beruht auf demselben Princip und hat nur eine etwas bequemere Form als die Franklin'sche Tafel. Fig. 179 und 180 stellen die gebräuchlichsten Formen der Leydener

Fig. 178. Fig. 179. Fig. 180.



Flasche dar. Sie besteht aus einem Glasgefäss, welches aussen bis auf einige Zoll vom Rande mit Stanniol überklebt ist; innen ist das Gefäss auf ähnliche Weise mit einer Belegung versehen oder, bei kleineren Flaschen mit engem Halse, mit einer leitenden Substanz, etwa mit Feilspähnen oder mit Goldschaum, angefüllt. Die

innere Belegung ist mit einem Messingstabe verbunden, der einen Metallknopf trägt und durch den Stopfen oder den Deckel des Gefässes gesteckt wird.

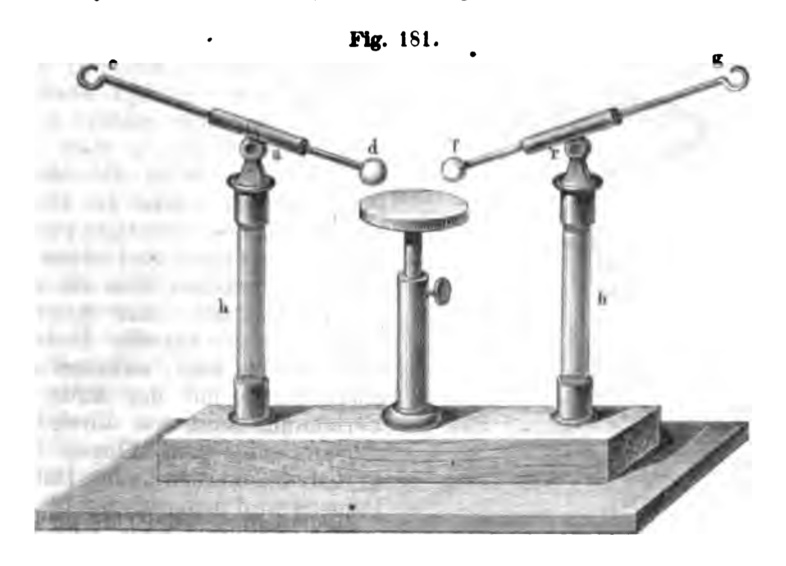
Will man die Leydener Flasche laden, so legt man den Metallknopf an den Conductor einer Electrisirmaschine, während man die äussere Belegung entweder in der Hand hält oder durch eine Metallplatte in leitende Verbindung mit der Erde setzt.

Durch Vereinigung mehrerer Flaschen kann man sehr bedeutende Ladungen erzielen.

Bringt man den einen Knopf eines Ausladers, Fig. 178, mit der äusseren Belegung der Leydener Flasche in Berührung und nähert den anderen dem Knopfe der Flasche, so springt ein Funken über. Dieser Entladungsschlag ist um so kräftiger, je stärker die Ladung der Flasche war.

Ist der Entladungsschlag sehr heftig, so kann er dünne Scheiben von Holz oder Papier durchbrechen. Um die Wirkung des Entladungsschlages auf Körper kennen zu lernen, welche in den Weg desselben eingeschaltet werden, bedient man sich des Henley'schen Ausladers, der in Fig. 181 dargestellt ist. Die

Fig. 181.



Kugeln d und f sind an Stangen befestigt, welche in Charnieren, r und s, drehbar sind, die ihrerseits auf den gläsernen Stangen h h ruhen. Die zu untersuchenden Körper bringt man zwischen die beiden Kugeln d und f und verbindet nun den Haken g mit Hülfe einer Kette mit der äusseren Belegung der Leydener Flasche,

den anderen Haken ebenfalls durch ein Kettchen mit der einen Kugel des Ausladers, Fig. 178, und berührt schliesslich recht rasch mit der zweiten Kugel des Ausladers den Knopf der Flasche. Verbindet man die Kugeln d und f durch einen dünnen Eisendraht, so wird derselbe bei nicht sehr starken Entladungen rothglühénd, bei sehr starken Ladungen verbrennt er unter Funkensprühen.

Ein Condensator ist jedes Instrument, in welchem Electricität durch Influenz erzeugt und aufgespeichert wird. Die Franklin'sche Tafel und die Leydener Flasche sind also Condensatoren. Uebrigens bezeichnet man mit diesem Namen gewöhnlich nur solche Apparate, in denen schwache electrische Spannungen erzeugt werden sollen. Fig. 182 stellt einen Condensator einfachster Construction dar. Auf ein gewöhnliches Goldblattelectrometer ist eine geschliffene, mit einer dünnen Schellackschicht überzogene Messingplatte aufgesetzt. Eine andere ebenso bereitete Messingplatte ist an einer isolirenden Handhabe befestigt und kann auf jene aufgelegt werden. Es muss nun dafür gesorgt sein, dass beide Platten so eben als möglich sind. Wird die obere Platte auf die untere am Goldblattelectrometer befestigte Platte aufgelegt, so kann die Ladung in der Weise erfolgen, dass die untere Platte mit einer Electricitätsquelle in leitende Verbindung gesetzt wird, während die obere Platte mit der Erde in Verbindung steht, was durch Berührung mit dem Finger bewerkstelligt werden kann. Durch Influenz wird in der oberen Platte — E angehäuft, wenn aus der Electricitätsquelle + E in die untere Platte strömt, während die + E der oberen Platte in den Boden abfliesst. Die trennende Schicht zwischen den beiden Metallkörpern ist bei diesem

Fig. 182.

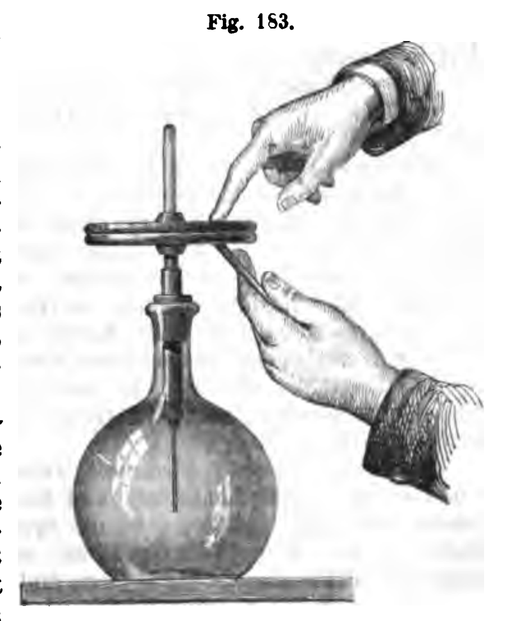


Apparat die sehr dünne Schellackschicht. Stärkere Spannungen lassen sich daher in einem derartigen Apparate nicht erzeugen, aber selbst sehr geringe Electricitätsmengen werden noch eine bemerkbare Influenz bewirken.

Berührungselectricität.

Luigi Galvani machte im Jahre 1786 die Beobachtung, dass enthäutete Froschschenkel mittelst eines kupfernen Drahtes an einem eisernen Gitter aufgehängt, Zuckungen zeigten, so oft sie mit dem eisernen Gitter in Berührung kamen. Er erkannte die Erscheinung als eine electrische und glaubte die Electricitätsquelle in einer Wechselwirkung der Muskeln und Nerven des Froschschenkels suchen zu müssen. Alessandro Volta zeigte jedoch wenige Jahre später, dass der Froschschenkel nur das Mittel sei, um die Electricität zu erkennen, und dass diese durch die Berührung der beiden verschiedenen Metalle, Kupfer und Eisen, zu Stande kommt. Zugleich fand er, dass Electricität stets bei der Berührung zweier verschiedener Metalle entsteht und wies nach, dass die so erzeugte Electricität qualitativ nicht verschieden sei von der durch Reibung erzeugten Electricität.

Fig. 183.



Volta's Fundamentalversuch zur Nachweisung der electrischen Spannung bei der Berührung zweier verschiedener Metalle wurde mit Hülfe des von ihm selbst erfundenen Condensators angestellt. Die beiden aus Kupfer oder Messing gefertigten Condensatorplatten werden auf einander gelegt, alsdann die untere Platte mit einem Stückchen Zink und die obere mit der Hand berührt, wie es Fig. 183 zeigt. Nach einiger Zeit zieht man die Hand von

der oberen, das Stückchen Zink von der unteren Platte weg. Hebt man hierauf die obere Condensatorplatte auf, so beobachtet man eine Divergenz der Goldblättchen. Die hier wirkende Electricität ist negativ; sie entsteht bei der Berührung des Messings der Condensatorplatte mit dem Zink.

Eine andere Methode, die Entstehung der Electricität bei der Berührung zweier verschiedener Metalle nachzuweisen, ist folgende:

Die beiden Condensatorplatten sind aus verschiedenem Metall, die untere von Kupfer, die obere von Zink, beide werden durch einen Kupferdraht in leitende Verbindung gesetzt, nach Entfernung desselben hebt man die Zinkplatte auf und beobachtet nun, dass die Kupferplatte mit — E, die Zinkplatte mit + E geladen ist.

Electrische Spannungsreihe. Nicht alle Metalle haben in gleichem Maasse die Fähigkeit, bei der Berührung mit einem Metalle, z B. mit Kupfer, electrische Spannung hervorzurufen, sondern sie verhalten sich sehr verschieden.

Sie lassen sich in eine Reihe — die electrische Spannungsreihe — ordnen, welche die Eigenschaft hat, dass die entfernter stehenden Glieder bei ihrer Berührung mit einander stärkere electrische Spannung hervorrufen als die näher stehenden, und dass überdies jedes Metall durch Berührung mit einem in der Reihe hinter ihm stehenden Metalle positiv electrisch und bei der Berührung mit einem in der Reihe vor ihm stehenden Metalle negativ electrisch wird.

Die wichtigsten Metalle lassen sich in folgende Reihe ordnen:

+ Zink, Blei, Zinn, Wismuth, Antimon, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platin —.

Zink und Platin zeigen bei ihrer Berührung die grösste Spannung, Antimon und Eisen eine sehr geringe. Die leicht oxydirbaren Metalle Kalium Natrium und die alkalischen Erdmetalle stehen in der vollständigen Reihe vor dem Zink. Gegen diese verhält sich das Zink electro-negativ, während es gegenüber den oben aufgezählten Metallen stets electro-positiv ist.

Gewisse Metalloide, z. B. Kohle oder besser noch Graphit, zeigen ein stärker electro-negatives Verhalten als das Platin.

Die Spannung zwischen je zwei Gliedern der obigen Reihe hat einen constanten, von der Grösse der Berührungsstelle unabhängigen Werth.

Bezeichnen wir die Spannung zwischen Zink und Eisen mit a und diejenige zwischen Eisen und Kupfer mit b, die zwischen Kupfer und Platin mit c, so ist die Spannung zwischen Zink und Kupfer = a + b und die Spannung zwischen Eisen und Platin = b + c, ferner diejenige zwischen Zink und Platin = a + b + c.

Electromotorische Kraft ist diejenige Kraft, welche bei

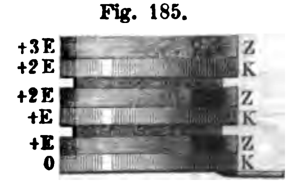
der Berührung zweier verschieden leitender Substanzen zwischen ihnen eine electrische Spannungsdifferenz hervorbringt, welche sofort wieder hergestellt wird, sobald sie durch irgend welche Veranlassung aufgehoben worden war.

Die electrische Differenz zwischen Zink und Kupfer ist gleich 2e. Wird nämlich auf eine Kupferplatte eine Zinkplatte gelegt, so erhält Kupfer — e, Zink + e. Die Differenz ist 2e. Leitet man die — e des Kupfers ab, so wird Zink + 2e enthalten müssen, damit die Differenz zwischen Kupfer, welches nun Electricität = o besitzt, und Zink gleich 2e sei. Setzen wir der Kürze halber 2e = E, so erhalten wir in der Zinkplatte eine Anhäufung von E, wenn die Kupferplatte leitend berührt wird; liegt nun auf der Zinkplatte, getrennt durch einen mit verdünnter Schwefelsäure getränkten Tuchlappen, ein zweites Paar von Kupfer- und Zinkplatten, so wird sich E der unteren Kupferplatte über das ganze obere Plattenpaar verbreiten; die Zinkplatte erhält + E, die oberste Kupferplatte + 2E. Die Fig. 184 macht die Anordnung des Plattensystems klar und Fig. 185 stellt die Einrichtung eines aus noch mehr Plattenpaaren bestehenden Systems dar. Die oberste

Fig. 184.

+2 E Z
+E K
+E Z
0 K

Fig. 185.

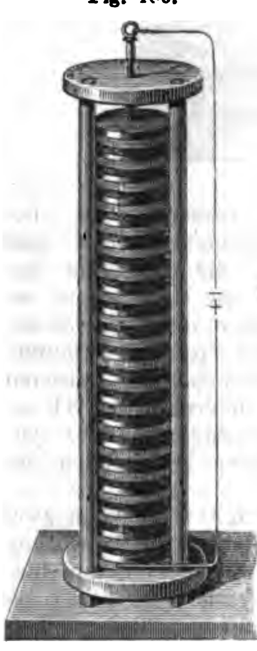


Zinkplatte enthält, wie aus der Figur zu ersehen, + 3E. Die Differenz zweier unmittelbar auf einander liegender Kupfer- und Zinkplatten ist stets = E = 2e, während die electrische Ladung derjenigen Kupfer- und Zinkplatten, welche durch einen mit verdünnter Schwefelsäure getränkten Tuchlappen von einander getrennt sind, stets gleich ist. Die electrische Spannungsdifferenz dieses aus drei Plattenpaaren bestehenden Systems ist zwischen der obersten Zinkplatte und der untersten Kupferplatte = 3E = 3 × 2e. Im Allgemeinen wird die Spannungsdifferenz der Anfangs- und Endplatte eines aus n Plattenpaaren bestehenden Systems nE = 2ne sein.

Electrischer Strom, galvanische Kette. Wenn zwei Stäbe von verschiedenem Metall an einer Stelle A in Berührung mit einander sind, und durch irgend einen nicht metallischen Leiter an ihren anderen Enden B und C in leitende Verbindung gesetzt werden, so stellt die ganze Vorrichtung eine geschlossene galvanische Kette einfachster Construction dar. An der Berührungs-

stelle A ist die electromotorische Kraft thätig, welche das eine Metall positiv, das andere negativ electrisch macht. Es strömt von dieser Stelle positive Electricität in den einen Stab und negative in den andern. Kann nun diese positive Electricität durch den nicht metallischen Leiter an das andere Ende des zweiten Stabes überfliessen, so wird sie dort die negative Electricität desselben aufheben. Umgekehrt wird die negative Electricität von A aus in den zweiten Stab und von diesem durch den nicht metallischen Leiter an das andere Ende des ersten Stabes überfliessen. Beide entgegengesetzt gerichtete Ströme von positiver und negativer Electricität werden sich zu neutraler Electricität vereinigen. Diese Vereinigung hat zur Folge, dass die electromotorische Kraft bei A von neuem electrische Spannungen erzeugt. Es findet also in diesem System bei A stets eine Erzeugung von electrischer Spannung und im nicht metallischen Leiter ein Wiederverschwinden derselben statt, oder anders ausgedrückt: Es strömt fortwährend von A aus in der einen Richtung positive und in der anderen Richtung negative Electricität durch das ganze System, so lange nicht die Verbindung an irgend einer Stelle unterbrochen wird.

Fig. 186.



Wäre der Leiter zwischen den Enden B und C ein Metall, so würde kein Strom entstehen. Alle diejenigen Leiter, welche hier zwischen B und C eingeschaltet werden können, so dass ein Strom entsteht, nennt man nach Volta Leiter zweiter Klasse, ein Gegensatz zu den in der Spannungsreihe Seite 748 aufgezählten Leitern erster Klasse. Sämmtliche Metalle sind Leiter erster Klasse. Zu den Leitern zweiter Klasse gehören verdünnte Säuren und viele Salzlösungen. Letztere erleiden stets durch den electrischen oder galvanischen Strom eine chemische Zersetzung.

Nicht allein bei der Berührung von Leitern erster Klasse unter einander, sondern auch bei der Berührung von Leitern erster Klasse mit solchen zweiter Klasse entstehen electrische Spannungen. Die Metalle verhalten sich den Flüssigkeiten oder Leitern zweiter Klasse gegenüber meistens electronegativ.

Volta'sche Säule. Nach dem Vorhergehenden wird das Verständniss der Wirkung der Volta'schen Säule leicht sein. Die Volta'sche Säule, Fig. 186, besteht aus

einem System von Plattenpaaren von Kupfer und Zink, welche durch Tuchlappen von einander getrennt sind, die man mit verdünnter Schwefelsäure getränkt hat. Die Säule endigt unten mit einer einzelnen Kupferplatte, oben mit einer einzelnen Zinkplatte; an diese beiden Platten sind Kupferdrähte angelöthet, die mit einander metallisch verbunden werden können.

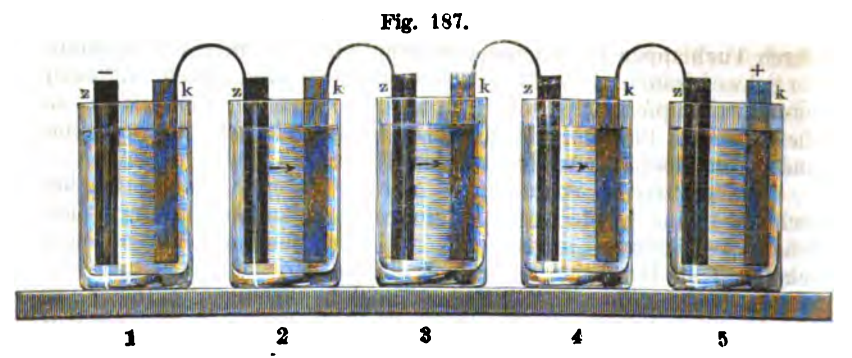
Die electrische Spannung ist nun in folgender Weise zu berechnen. Eine Kupferplatte k einerseits mit dem Boden in leitender Verbindung, andererseits mit einer feuchten sauren Tuchscheibe T in Berührung, bewirkt eine electrische Spannung + e in der Tuchscheibe; liegt auf der Tuchscheibe eine Zinkplatte, so nimmt diese die electrische Spannung — 9e an, denn die electromotorische Kraft zwischen Zink und verdünnter Schwefelsäure ist 10 mal so gross als diejenige zwischen Kupfer und Schwefelsäure. Eine solche Combination von Kupferplatte, feucht saurer Tuchscheibe und Zinkplatte ist ein Volta'sches Paar, welches also eine electrische Spannung von — 9e im Zink enthält. Wird ein eben solches Paar mit seiner Kupferplatte auf die Zinkplatte des ersteren gelegt, so enthält die Zinkplatte des zweiten Paares eine Spannung = — 18 E. n Volta'sche Paare in der beschriebenen Weise auf einander gelegt, werden eine electrische Spannung von — n9e am einen Ende hervorbringen, während selbstverständlich am anderen Ende fortwährend + n9e abfliesst.

Man nennt das Zinkende des ganzen Systems oder der Volta'schen Säule den negativen Pol, und das Kupferende den positiven Pol.

Werden beide Pole der Volta'schen Säule mit einander in Verbindung gesetzt, was mittelst der oben beschriebenen Kupferdrähte bewerkstelligt werden kann, so ist die Säule geschlossen. Die positive Electricität strömt nun vom positiven Pol zum negativen und von da durch die Säule zurück zum positiven, die negative Electricität fliesst in umgekehrter Richtung.

Verschiedene Formen der galvanischen Kette. Zum Hervorbringen stärkerer und länger dauernder galvanischer Ströme ist die Volta'sche Säule nicht geeignet. Man hat daher zu diesem Zwecke andere Apparate construirt. Fig. 187 stellt einen solchen dar. In einzelnen Gläsern befindet sich verdünnte Schwefelsäure, in welche Kupfer und Zink, die nicht mit einander in Berührung sich befinden, eingetaucht sind. Eine Anzahl solcher Gläser sind nebeneinander gestellt und so mit einander verbunden, dass das Kupfer des einen Glases mit dem Zink des nächsten, und das Kupfer dieses Glases mit dem Zink des dritten u. s. w. durch Kupferdraht in leitende Verbindung gesetzt ist. Eine Anzahl solcher Gläser oder Becher oder Zellen mit ihren Metallplatten bilden eine galvanische Batterie. Jeder einzelne Becher mit seinen

Fig. 187.



Metallplatten wird ein galvanisches Element genannt. Der negative Pol der Batterie ist am Zinkende des ersten Elements und der positive Pol am Kupferende des letzten Elementes. Der positive Strom geht in jedem einzelnen Element vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupfer. Ist der Zinkpol des ersten Elementes mit dem Kupferpol des letzten durch einen Kupferdraht in leitende Verbindung gesetzt, so ist die Batterie geschlossen. Wie in der Volta'schen Säule strömt nun positive Electricität vom positiven Pol durch den Leitungsdraht zum negativen, und negative Electricität vom negativen Pol zum positiven. In den Zellen strömt stets positive Electricität zum positiven Pol und negative Electricität zum negativen.

Die Wirkung derartiger Batterien oder Ketten ist zu Anfang eine sehr starke, bald macht sich jedoch, ähnlich wie bei der Volta'schen Säule, wenn auch nicht so rasch ein Abnehmen der electrischen Spannung bemerkbar, bis schliesslich die Wirkung der Kette auf ein Minimum herabgesunken ist. Der Grund dieser Erscheinung liegt in Veränderungen, welche im Inneren der Kette vor sich gehen und wesentlich veranlasst sind durch die chemische Zersetzung, welche der galvanische Strom auf die Flüssigkeit ausübt. Es wird durch dieselbe eine vollständige Veränderung der Metalloberflächen bewirkt, in Folge deren das Zink electropositiver und das Kupfer electronegativer wird. Diese Erscheinung nennt man die galvanische Polarisation. Nur durch gründliche Reinigung der Metallplatten kann ihre frühere Wirksamkeit wieder hervorgebracht werden.

Wir wollen hier von den ungemein zahlreichen Formen und Einrichtungen, welche man den galvanischen Batterien gegeben hat, nur einige wenige besonders erwähnen, weil sie sämmtlich auf demselben Princip beruhen.

Die zu beschreibenden Vorrichtungen sind constante Ketten, welche die Hervorbringung constanter und lange an-

dauernder Ströme gestatten, in welchen sich die Erscheinung der galvanischen Polarisation nicht zeigt.

1) Daniell'sche Kette. In dieser Kette sind die Metalle Kupfer und Zink. Ersteres taucht man in eine gesättigte Kupfervitriollösung, letzteres in verdünnte Schwefelsäure (1 Th. concentrirte Schwefelsäure auf 10 Thle. Wasser). Fig. 187 stellt die ganze Vorrichtung dar. Das äussere Glasgefäss ist mit gesättigter Kupfervitriollösung gefüllt, in welcher ein aus einem Kupferblech gebogener Cylinder K steht. In diesem Cylinder steht eine Zelle T aus porösem Thon, worein die verdünnte Schwefelsäure gebracht wird. In die Säure der Thonzelle ist dann der Zinkcylinder Z eingetaucht. An dem kupfernen Cylinder ist ein Kupferblech p angelöthet, welches die Klemmschraube s trägt, während an dem Zinkcylinder ein geschlitzter Metallstreifen m befestigt ist. Der positive Pol ist hier am Zink, das Kupferende bildet dagegen den negativen Pol. Der positive Pol eines solchen Daniell-schen Elementes wird nun mit dem negativen Pol eines anderen ebenso eingerichteten Elementes verbunden, was mit Hülfe der Klemmschraube geschieht, indem man dieselbe in den Schlitz des metallischen Ansatzes an dem zweiten Elemente einschiebt und sie alsdann zuschraubt. Wird dann durch einen Metalldraht der negative Pol des ersten Elementes mit dem positiven des zweiten verbunden, so circulirt ein galvanischer Strom. Durch Vereinigung mehrerer Elemente, welche sämmtlich in der beschriebenen Weise an einander zu befestigen sind, kann man sehr starke und lang dauernde galvanische Ströme erzeugen. Durch die chemische Wirkung des Stromes auf die Lösung des Kupfervitriols wird stets metallisches Kupfer ausgeschieden, welches sich auf dem Kupfercylinder niederschlägt, der somit fortwährend seine metallische Oberfläche behält. Um andererseits auch das Zink, welches der Einwirkung der verdünnten Schwefelsäure ausgesetzt ist, vor allzu rascher Auflösung zu schützen, wird es mit einer Amalgamschicht überzogen. Man

Fig. 187.



taucht zu diesem Behufe den Cylinder zuerst in verdünnte Schwefelsäure und reibt alsdann mit einer Bürste etwas Quecksilber auf denselben.

2) Die Grove'sche Kette. In der Grove'schen Kette sind Platin und Zink. Ersteres befindet sich in concentrirter Salpetersäure, letzteres in verdünnter Schwefelsäure. Die Einrichtung der Elemente ist eine ähnliche wie die der Daniell'schen. Starkes Platinblech wird in concentrirte Salpetersäure eingetaucht, welche sich in der porösen Thonzelle befindet, während der Zinkcylinder in der Schwefelsäure steht, die im äusseren Glasgefäss enthalten ist. Die electromotorische Kraft ist in der Grove'schen Kette stärker als in der Daniell'schen, während erstere constantere Ströme giebt. Fig. 189 stellt ein Grove'sches Element dar.

3) Die Bunsen'sche Kette ist die am häufigsten gebrauchte. In der Bunsen'schen Kette ist als electronegative Substanz sehr harte Kohle (Glaskohle), welche in concentrirte Salpetersäure eintaucht. Auch die Einrichtung der Bunsen'schen Kette ist der Daniell'schen sehr ähnlich. Bei der Bunsen'schen Kette ist die Schwefelsäure im äusseren Glasgefäss, in diese taucht ein Zinkcylinder (positiver Pol), in demselben steht die poröse Thonzelle, welche mit Salpetersäure gefüllt ist, in die ein Cylinder von Glaskohle eingesenkt wird. An dem Kohlencylinder ist ein Metallstreifen angesetzt (negativer Pol).

Fig. 189.



Wirkungen des galvanischen Stromes. Ein galvanischer Strom kann folgende Wirkungen äussern:

1) Wärme und Lichterscheinungen. Der Schliessungsdraht der galvanischen Batterie wird erwärmt. Ist der Strom sehr kräftig und der Draht recht dünn, so wird derselbe glühend und kann unter Umständen schmelzen.

Wird die metallische Leitung an irgend einer Stelle unterbrochen, so zeigt sich an der Unterbrechungsstelle ein sogenannter Oeffnungsfunken.

2) Chemische Wirkungen. Taucht man die Polenden einer galvanischen Batterie in schwach angesäuertes Wasser, so

wird dasselbe zersetzt. Am positiven Pol entwickelt sich Sauerstoff, am negativen Wasserstoff. (Electrolytische Zersetzung des Wassers, Electrolyse). Wir werden die chemischen Wirkungen des galvanischen Stromes noch ausführlicher betrachten.

3) Magnetische Wirkungen. Eine Magnetnadel wird durch einen in ihrer Nähe kreisenden galvanischen Strom von ihrer normalen Richtung abgelenkt und sucht sich senkrecht zur Richtung des Stromes zu stellen.

Umkreist ein galvanischer Strom einen Cylinder oder Stab von weichem Eisen (Stabeisen), so wird derselbe in einen Magnet verwandelt, dessen Tragkraft um so grösser ist, je stärker der galvanische Strom oder je zahlreicher die Windungen des den Strom leitenden Drahtes sind, mit welchem der Stab umgeben ist. Im Moment der Unterbrechung des galvanischen Stromes verliert der Stab seine magnetische Kraft vollständig (Electromagnetismus).

4) Inductionswirkungen. Befindet sich in der Nähe des Schliessungsdrahtes einer galvanischen Batterie ein anderer Stromleiter, etwa ein kreisförmiger Metalldraht, so wird bei Eintritt des galvanischen Stromes ein Strom in diesem zweiten Stromleiter erzeugt, der jedoch bald wieder verschwindet. Das gleiche tritt ein, wenn der galvanische Strom in der Batterie unterbrochen wird. Die in dem zweiten Leiter hervorgebrachten Ströme werden Inductionsströme genannt.

5) Physiologische Wirkungen. Wird ein thierischer Körper in den Schliessungsdraht einer galvanischen Kette oder Batterie eingeschaltet, so durchströmt die Electricität denselben, indem sie besondere Wirkungen hervorbringt. Sehr gesteigert sind die Wirkungen im Moment des Entstehens und im Moment des Aufhörens des galvanischen Stromes.

Magnetische Wirkungen des galvanischen Stromes. Ein Kupferdraht a g sei so gebogen, dass er ein Quadrat bildet, dessen Seiten 16—20 Centimeter lang sind. Dieses Quadrat werde aufrecht gestellt, die vier Ecken seien mit a b c und d bezeichnet. Die Seite a d befindet sich unten, sie ist bei g unterbrochen und das Ende a mit dem negativen Pole einer Batterie, das Ende g mit dem positiven Pole in leitende Verbindung gesetzt. Auf dem Stücke d g sei nun eine Magnetnadel mit Hülfe eines Stiftchens aufgesetzt; ebenso ist an der oben befindlichen Seite a c ein Stiftchen nach oben aufgesetzt, welches eine Magnetnadel trägt und ebenso eines nach unten, gleichfalls einen Magnet tragend. Die Ebene des Quadrates werde nun in die Ebene des magnetischen Meridians gelegt, d. h. in die Fbene, in welche sich die Magnetnadel in Folge der Wirkung des Erdmagnetismus einstellt. Die Magnetnadeln sind alsdann parallel den Seiten dieses Qua-

drates gerichtet. Die Nordseite sei an der Seite a b, die Südseite alsdann an der Seite c d des Quadrates. Circulirt nun ein Strom in dem Draht, und zwar ein positiver Strom in der Richtung von b nach g, so werden die drei Magnetnadeln abgelenkt und zwar in folgender Weise. Denkt man sich eine menschliche Figur an Seite a b des Drahtes aufrechtstehend und mit dem Gesichte nach den Nadeln gerichtet, so wird die an der Seite d g befindliche Nadel ihre dem Körper abgewendete Spitze nach rechts, diejenige über der Seite b c befindliche Nadel dieselbe Spitze nach links und diejenige unter der Seite b c befindliche Nadel dieselbe Spitze nach rechts ablenken. Sehr einfach lässt sich die Richtung der Ablenkung folgendermaassen bezeichnen. Denkt man sich einen menschlichen Körper in das oben beschriebene Quadrat derart eingeschaltet, dass das Gesicht dem Mittelpunkt des Quadrates zugekehrt ist und der positive Strom an den Füssen eintritt und an dem Kopfe ausströmt, so würden die Nordpole der Nadeln stets nach links abgelenkt. Die Stärke dieser Ablenkung ist stets abhängig von der Stärke des Stromes.

Multiplicator. Der Multiplicator, auch Galvanometer genannt, hat den Zweck, schwache galvanische Ströme dadurch bemerklich zu machen, dass er durch eine grosse Anzahl von Drahtwindungen um eine Magnetnadel herumgeführt wird.

Um nun die Empfindlichkeit der Magnetnadel noch zu erhöhen, bringt man eine Vorrichtung an, welche die richtende Wirkung des Erdmagnetismus auf die Magnetnadel verringert. Ein sogenanntes astatisches Nadelpaar entspricht diesen Anforderungen am besten. Es besteht aus zwei einander parallelen Magnetnadeln, welche durch einen Draht so an einander befestigt sind, dass sie ihre gegenseitige Stellung nicht verschieben können; der Nordpol der einen Nadel zeigt nach derselben Richtung wie der Südpol der anderen Nadel.

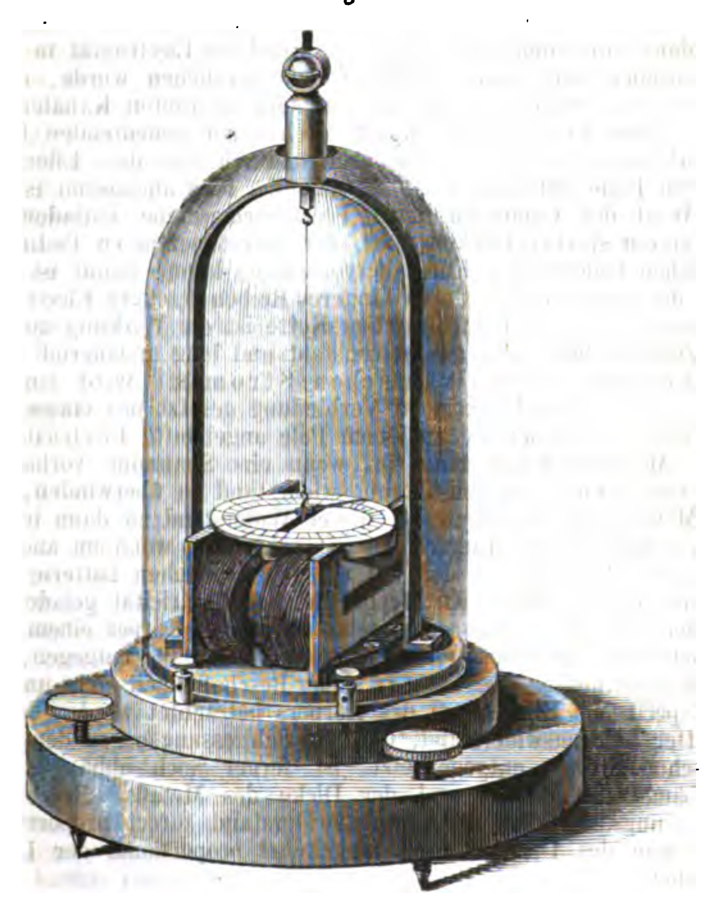
Man bringt ein solches astatisches Nadelpaar in einen horizontal liegenden hohlen Cylinder, so dass die eine Nadel in demselben schwebt, die andere aber ausserhalb und hängt sie an einem Coconfaden auf. Man wickelt um diesen Holzcylinder den mit Seide umsponnenen Leitungsdraht in vielen Windungen auf, verbindet das eine Ende mit dem einen Pol, das andere Ende mit dem anderen Pole einer Electricitätsquelle. Durch die den Draht durchströmende Electricität werden die beiden Nadeln nach derselben Seite abgelenkt, da für beide Nadeln sowohl die Stellung der Pole als auch die Richtung des Stromes die entgegengesetzte ist, durch welche beiden entgegengesetzten Wirkungen vollkommene Uebereinstimmung des Endresultates, nämlich der Ablenkung, erzielt wird. Selbst sehr schwache Ströme lassen noch eine deutliche Ablenkung der Nadeln bemerken, da die Wirkung des Stromes durch die zahl-

reichen Windungen wesentlich verstärkt wird und in dem astatischen Nadelpaar ein äusserst empfindliches Reactiv für galvanische Ströme vorliegt.

Bei gleicher Stromrichtung ist natürlich auch die Ablenkung bezüglich ihrer Richtung die gleiche.

Fig. 190 stellt einen vollständig ausgerüsteten Multiplicator oder Galvanometer dar. Ein Zifferblatt mit Kreistheilung erlaubt

Fig. 190.



bei demselben die Grösse der Ablenkung der Nadel zu bestimmen und damit ein Maass für die relative Stärke zweier Ströme zu erhalten.

Kraft der galvanischen Kette. Das Agens der galvanischen Ketten ist dasselbe, welches in der Electrisirmaschine entwickelt wird und dessen kräftige Wirkung wir schon kennen gelernt haben. Es ist ein sehr passender Vergleich der electrischen Kraft in der Electrisirmaschine und in der galvanischen Kette gemacht worden. Man verglich die erstere mit einer Quelle, welche spärlich Wasser liefert, aber hoch auf einem Berge liegt und deren Wasser einen bedeutenden Fall hat, somit dann kräftige mechanische Effecte hervorzubringen im Stande ist, wenn man das Material, welches die Quelle während längerer Zeit liefert, ansammelt und dann auf einmal fallen lässt, während die Electricität in einer galvanischen Kette einer reichen Quelle verglichen wurde, deren Wasser nur ein geringes Gefälle hat und in breiten Kanälen abfliesst, aber wegen seiner Menge doch einen bedeutenden Effect hervorbringen kann, der sich aber dadurch von dem Effect im ersteren Falle unterscheidet, dass dasselbe lang andauernd ist.

Wird der Conductor einer Electrisirmaschine entladen, so schlägt ein starker Funken über, der unter geeigneten Bedingungen einen bedeutenden Effect hervorbringen kann; damit ist aber auch die ganze, vorher durch längeres Reiben erzeugte Electricität verbraucht. In einer galvanischen Kette ist die Wirkung zu keiner Zeit so stark, aber sie ist constant und lang andauernd.

Leitung des galvanischen Stromes. Wird ein Pol einer galvanischen Batterie in Verbindung gesetzt mit einem Metallstücke, so strömt die an jenem Pole angehäufte Electricität in dieses Metallstück nur dann ein, wenn eine Spannung vorhanden ist, gross genug, um den Leitungswiderstand zu überwinden, den das Metallstück entgegensetzt; dieser Widerstand ist dann immer gross genug, um das Einströmen zu verhindern, wenn am anderen Ende des Metallstückes der Pol einer galvanischen Batterie sich befindet, der mit derselben Menge gleicher Electricität geladen ist wie der erste Pol. Ausserdem setzt aber jeder Körper einem galvanischen Strome selbst einen gewissen Widerstand entgegen, der in ganz bestimmter Beziehung zu seiner Beschaffenheit steht und als eine specifische Eigenschaft des Körpers betrachtet werden darf.

Der Leitungswiderstand, den ein Schliessungsbogen dem galvanischen Strome entgegensetzt, ist ferner noch abhängig von der Länge des Bogens und der Dicke des Metalls. Bei einem Schliessungsdrahte ist der Leitungswiderstand direct proportional der Länge des Drahtes, und umgekehrt proportional der Dicke desselben.

Drähte von verschiedenen Metallen, welche gleiche Länge und gleiche Dicke haben, üben nicht denselben Leitungswiderstand aus. Gesetzt, der Leitungswiderstand des Kupfers sei gleich 1, d. h. ein Kupferdraht von bestimmter Länge und bestimmtem Querschnitt

übe den Leitungswiderstand 1 aus, dann sind die Leitungswiderstände der nachbenannten Körper folgende:

Silber	0.95
Gold	1,38
Zink	3,69
Eisen	5,88
Platin	6,66
Neusilber	11,30
Quecksilber	50,00.

Diese Zahlen besagen, dass sich die Leitungswiderstände gleich langer und gleich dicker Drähte von Kupfer und Platin zum Beispiel verhalten wie 1 zu 6,66.

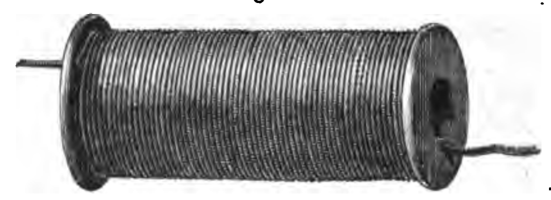
Der Leitungswiderstand der Flüssigkeiten ist beträchtlich grösser als derjenige der Metalle.

Stromstärke. Die Stromstärke einer geschlossenen galvanischen Kette ist sowohl abhängig von der electromotorischen Kraft als auch von den Widerständen, welche die Bewegung des Stromes in der Batterie und im Schliessungsdraht zu überwinden hat. Das Ohm'sche Gesetz, welches die Verhältnisse beherrscht, in denen diese verschiedenen Grössen zu einander stehen, lautet: Die Stromstärke einer galvanischen Kette ist direct proportional der electromotorischen Kraft und umgekehrt proportional dem Leitungswiderstand.

Electromagnetismus.

Magnetisirung des Eisens durch den electrischen Strom. Legt man quer über den ausgespannten Schliessungsdraht einer galvanischen Kette ein Eisenstäbchen, so wird dasselbe magnetisch. Der electrische Strom wirkt also nicht allein richtend auf die Magnetnadel, sondern er vermag auch gewöhnliches Eisen in Magnete zu verwandeln. In grösserem Maasse zeigt sich diese Wirkung des electrischen Stromes, wenn man einen Leitungsdraht in vielen Windungen, welche von einander durch Umwicklung des Drahtes mit Seide isolirt sind, um einen Stab von weichem Eisen legt und einen electrischen Strom durch denselben gehen lässt. Fig. 191 stellt eine sogenannte Magnetisirungsspirale dar. Sie besteht aus einer Spule von Holz, auf welcher der mit Seide umsponnene Draht aufgewickelt wird, in die Höhlung steckt man einen Cylinder von weichem Eisen, der zum Magneten gemacht werden soll. Man hat Magnetisirungsspiralen von verschiedenen

Fig. 191.



Dimensionen und verschiedener Drahtlänge hergestellt. Eine Spirale mit 800—1000 Windungen eines etwa 2—4 Millimeter dicken Kupferdrahtes bewirkte sehr kräftige Magnetisirung.

Auch hufeisenförmig gebogene Eisenstäbe werden in ähnlicher Weise in Magnete verwandelt.

So lange ein electrischer Strom den Draht durchfliesst, ist der Stab ein Electromagnet, der alle Eigenschaften eines Stahlmagnets besitzt. Wird der Strom unterbrochen, so verschwindet der Magnetismus bis auf einen mehr oder weniger bedeutenden Rest.

Werden hufeisenförmige Electromagnete mit einem Anker vereint, so erzielt man dieselben Wirkungen wie mit einem ebenso construirten Stahlmagnet.

Je grösser die Intensität des magnetisirenden Stromes und je grösser die Anzahl der Windungen des Drahtes, desto grösser ist die Kraft des Electromagneten.

Die magnetische Kraft eines Electromagnets ist bei weitem stärker als diejenige des besten Stahlmagnets.

Die Tragkraft sehr kräftiger Stahlmagnete beträgt etwa das 20—50fache ihres eignen Gewichtes, während ein Electromagnet von 25 Millimeter Länge und 15 Millimeter Breite das 420fache seines Gewichtes tragen konnte.

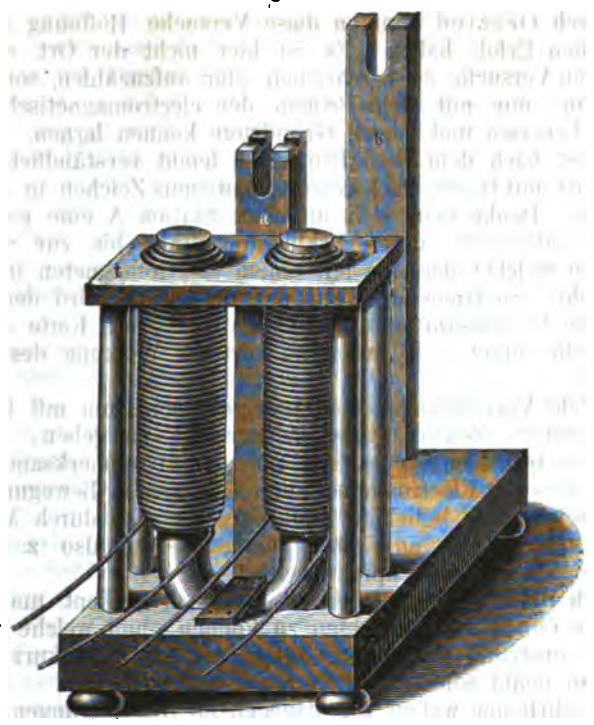
Fig. 192 stellt einen hufeisenförmigen Electromagnet dar.

Dieser Hufeisenelectromagnet besteht aus einem hufeisenförmig gebogenen Stück weichen Eisens, um dessen beide Schenkel mit Seide umsponnene Kupferdrähte aufgewickelt sind. Die Richtung, welche der electrische Strom in diesen beiden von einander getrennten Drähten hat, muss in dem einen Schenkel gerade entgegengesetzt derjenigen sein, welche derselbe im anderen Schenkel hat.

Die Tragkraft dieses Electromagnets lässt sich auf folgende Weise bestimmen. Auf die beiden Enden des Hufeisens wird ein Eisenstück aufgelegt, welches mit einem Haken versehen ist; an diesem Haken befestigt man einen Hebel, der auf der Unterlage a ruht, mit seinem einen Ende. Man hängt nun Gewichte an das andere Ende des Hebels so lange an, bis der Haken vom Magnete losreisst. Der Balken b dient dazu den Hebel, wenn jenes eintrifft, aufzuhalten.

Magnetismus und Diamagnetismus der Körper. Mit

Fig. 192.



Hülfe der Electromagnete lässt sich die interessante Thatsache feststellen, dass die meisten Körper magnetische Eigenschaften haben und diese magnetischen Körper sich in zwei Gruppen theilen. Die eine Art von Körpern wird vom Magneten angezogen, die andere abgestossen. Letztere Körper nennt man diamagnetische Körper, wie dies schon pag. 730 und 731 angeführt worden ist. Es ist dort gesagt, dass sich das diamagnetische Verhalten der Körper nur mit Hülfe sehr starker Magnete nachweisen lasse. Die Electromagnete sind nun hinreichend stark um zu diesen Versuchen benutzt werden zu können.

Es ist unter der hier genannten magnetischen Eigenschaft der Körper nicht zu verstehen, dass dieselben in Magnete verwandelt werden können, sondern es bezieht sich dieselbe nur auf ihr Verhalten zu einem starken Magnete, von dem sie angezogen oder abgestossen werden.

Electrische Telegraphie. Versuche, unter Anwendung von Electricität oder galvanischer Ströme Zeichen in die Ferne zu

geben, sind alt. Aber erst seit Entdeckung des Electromagnetismus durch Oersted konnten diese Versuche Hoffnung auf einen praktischen Erfolg haben. Es ist hier nicht der Ort diese verschiedenen Versuche zu beschreiben oder aufzuzählen, sondern wir wollen uns nur mit dem Princip der electromagnetischen Telegraphie befassen und dessen Grundzüge kennen lernen.

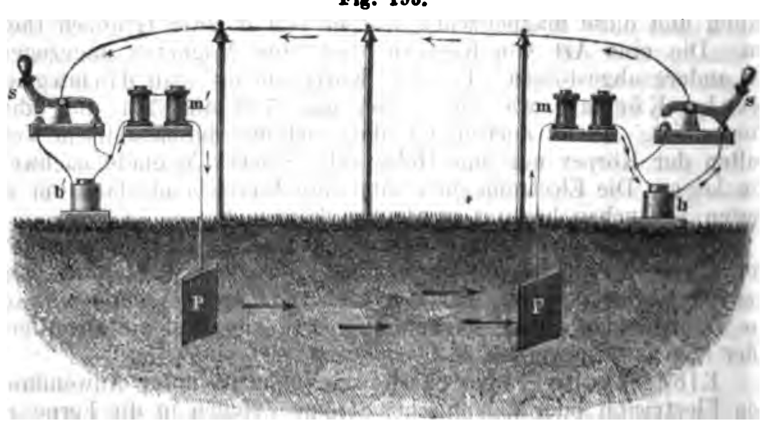
Es ist nach dem oben Erörterten leicht verständlich, wie es möglich ist mit Hülfe des Electromagnetismus Zeichen in die Ferne zu geben. Denke man sich an einer Station A eine galvanische Batterie aufgestellt, deren Schliessungsdraht bis zur Station B reicht, an welcher derselbe mit einem Electromagneten in Verbindung steht. So lange die Kette geschlossen ist, wird der Electromagnet in B wirksam sein, sobald man aber die Kette an irgend einer Stelle öffnet, z. B. in A, so hört die Wirkung des Magnets in B auf.

Welche Vorrichtungen man nun gebraucht, um mit Hülfe des Electromagnets Zeichen verschiedener Art zu geben, das mag hier unerörtert bleiben, es soll nur darauf aufmerksam gemacht werden, dass ein Electromagnet eine Maschine in Bewegung setzen kann, welche jede beliebige Funktion, die sich durch Maschinen von geringer Kraft ausrichten lässt, leistet, also z. B. auch Schriftzeichen auf ein Papier zeichnet.

Auch die Einrichtung, deren man sich bedient um bequem die Kette öffnen und schliessen zu können, und welche verschiedenartig construirt sein kann, wollen wir nur ganz kurz betrachten. Man nennt solche Einrichtungen Schlüssel.

Ausführlicher wollen wir dagegen die Einrichtungen betrachten, welche dazu dienen, um mit möglich geringem Aufwand von

Fig. 193.



Leitungsdraht eine Gegenseitigkeit der Stationen A und B herzustellen. Fig. 193 stellt zwei mit einander verbundene Stationen dar. An beiden sind Batterien, Electromagneten mit ihren Zeichen gebenden Maschinen und Schlüssel angebracht. Das Wesentlichste ist, dass bei dieser Einrichtung nur ein Draht die beiden Stationen zu verbinden hat, indem die Erde selbst als Leiter des Stromes benutzt wird. Um dieses zu können, ist es nöthig, den Leitungsdraht an beiden Stationen in den Boden einzuführen und an einer dort eingegrabenen Kupferplatte zu befestigen. In der Figur sind b und b′ die beiden Batterien, m und m′ die beiden Electromagnete, s und s′ die beiden von Metall gefertigten Schlüssel und P und P′ die beiden in die Erde versenkten Platten. Der Schlüssel s′ ist in der Zeichnung als in Ruhe befindlich und der Schlüssel s geöffnet gezeichnet. Bei der angegebenen Stellung circulirt der Strom in folgender Weise durch das ganze System. Der Strom beginne in der Batterie b; er geht alsdann durch den Schlüssel s in den Leitungsdraht, der nach der anderen Station führt, durchströmt hier den Schlüssel s′ und den Electromagnet m′, welcher das gewünschte Zeichen giebt, und geht von da in die Erdplatte P′, durch die Erde nach P und von da weiter durch den Electromagnet m in die Batterie b zurück. Sobald der Schlüssel s geschlossen wird, was durch Aufheben des Griffs bei s geschehen kann, wird der Strom unterbrochen sein, denn dann wird weder die Batterie m noch die Batterie m′ innerhalb des Leitungsdrahtes liegen, indem gerade wie b′ bei der Ruhe von s′ ausgeschlossen ist, auch bei der Ruhe von s b ausgeschlossen sein muss. Selbstverständlich werden alle Zeichen, welche im ersten Fall der Electromagnet m′ veranlasst, auch an der Station rechts bemerkt werden können, da ja auch der Electromagnet m im Leitungsdraht eingeschaltet ist.

Gegenseitige Wirkung der electrischen Ströme auf einander. Parallel laufende electrische Ströme üben stets eine Wirkung auf einander aus. Bewegen sie sich in derselben Richtung, so ziehen sie sich an, bewegen sie sich dagegen in entgegengesetzter Richtung, so stossen sie sich ab.

Dieser Satz lässt sich auf folgende Art beweisen. Es werden zwei Kupferdrähte so gebogen, dass sie Quadrate bilden. Das eine Quadrat sei auf einem Holzgestell befestigt, und das eine Ende des Drahtes mit dem positiven Pol, das andere Ende mit dem negativen Pol einer galvanischen Batterie verbunden, das andere Quadrat werde aber in unmittelbarer Nähe frei um eine verticale Axe beweglich aufgehängt und zwar in folgender Weise: Der Draht laufe an beiden Enden in Spitzen aus, welche sich in der Mitte der einen Seite des Quadrates befinden, hier in die Höhe gerichtet und weiter zweimal rechtwinklig gebogen sind, so dass

sie in zwei kleine mit Quecksilber gefüllte metallene Näpfchen eintauchen können, welche auf zwei horizontalen Metallstäben ruhen. Diese Metallstäbe seien mit den Polen einer galvanischen Batterie verbunden, wodurch es möglich ist, einen galvanischen Strom in dem beweglichen Quadrat circuliren zu lassen. Die ganze Vorrichtung nennt man ein Ampire'sches Gestell.

Beide Quadrate mögen nun zunächst in derselben Ebene liegen, so dass die verticalen Seiten derselben parallel laufen. Es wird dann eine Seite des beweglichen Quadrats dicht neben einer Seite des festen Quadrats schweben. Circuliren nun in beiden Drähten electrische Ströme, so wird die beschriebene Stellung des beweglichen Quadrates nicht verändert werden, wenn in den beiden zunächst liegenden Seiten der beiden Quadrate der Strom dieselbe Richtung hat, dagegen wird sofort eine Drehung des beweglichen Quadrats stattfinden, sobald die Richtung des einen Stromes umgekehrt wird.

Inductionserscheinungen.

Faraday entdeckte im Jahre 1831, dass ein electrischer Strom im Momente seines Entstehens sowohl als in dem seines Aufhörens in einem benachbarten Leiter gleichfalls electrische Ströme erzeugt. Man nennt derartige Ströme Inductionsströme.

Ueber die Entstehung dieser Inductionsströme und über ihre Natur lassen sich folgende allgemeine Sätze aufstellen.

a) Wird dem Schliessungsdraht einer galvanischen Kette ein anderer Draht parallel gegenüber gestellt, dessen Enden in einem Galvanometer zusammenlaufen, so entsteht im Moment, wo im Schliessungsdraht ein Strom beginnt, im zweiten Draht ein demselben entgegengesetzt gerichteter Strom von sehr kurzer Dauer. Es wird sich dies an dem starken Ausschlag der astatischen Nadeln im Galvanometer erkennen lassen. Das baldige Zurückkehren der Galvanometernadel in ihre frühere Stellung zeigt ferner an, dass der Strom nur sehr kurze Dauer hat. Wird nun der Strom in der galvanischen Kette unterbrochen, so findet augenblicklich ein Ausschlagen der Galvanometernadel nach der anderen Seite statt, woran sich erkennen lässt, dass ein dem ersten Inductionsstrom entgegengesetzt gerichteter Strom im zweiten Drahte circulirt. Auch dieser ist nur von sehr kurzer Dauer.

Im Momente des Entstehens des electrischen Stromes im Schliessungsdraht wird also im parallelen Draht ein demselben

entgegengesetzt gerichteter Strom und im Moment des Aufhörens ein demselben gleich gerichteter Strom erzeugt.

b) Wird ein von einem constanten Strome durchflossener Draht einem geschlossenen Leiter genähert, so entsteht in letzterem ein entgegengesetzt gerichteter, beim Entfernen aber ein gleich gerichteter Inductionsstrom.

Fig. 194 stellt einen Apparat dar, vermittelst dessen sich die Entstehung der Inductionsströme sehr deutlich beobachten lässt.

Fig. 194.



A und B sind zwei auf Holzspulen aufgewickelte Leitungsdrähte. Das Ende a des Drahtes auf A ist verbunden mit dem einen Ende des Multiplicatordrahtes in M, das Ende b mit dem anderen Ende des Multiplicatordrahtes. Die Drahtenden c und d des Drahtes auf B dagegen sind mit den beiden Polen p und n eines galvanischen Elementes E verbunden. Dieser letztere Draht ist also der Schliessungsdraht einer galvanischen Kette, während der Draht auf B einen durch ein Galvanometer geschlossenen Leiter darstellt. Die beiden Drähte sind durch die gezeichnete Vorrichtung in die Lage möglichst grosser Wechselwirkung gebracht. Ein Inductionsstrom ist nämlich um so kräftiger, je länger die Strecke ist, auf welcher die beiden Drähte neben einander laufen. Man nennt den Draht auf B den Hauptdraht oder die Haupt-

spirale, den Draht auf A den Nebendraht oder die Nebenspirale.

Schliesst man die Kette der Hauptspirale, so findet ein Ausschlag der Galvanometernadel statt, der jedoch sehr rasch wieder verschwindet. Einen Ausschlag nach der anderen Richtung wird die Galvanometernadel zeigen, sobald der Strom in der Hauptspirale unterbrochen wird.

Wenn man die durchströmte Hauptspirale A rasch aus der Hülle B herauszieht, so wird ebenfalls in der Nebenspirale ein Strom inducirt, dessen Richtung sich an dem Ausschlag der Galvanometernadel als diejenige des Stromes in der Hauptspirale ausweist. Umgekehrt wird ein Inductionsstrom von entgegengesetzter Richtung erhalten werden, wenn die Hauptspirale rasch in die Hülle B eingeschoben wird.

Die Stromstärke der Inductionsströme ist im Allgemeinen eine sehr geringe. Es ist jedoch gelungen, mit Hülfe von Inductionsapparaten Funken von bedeutender Grösse zu erhalten, wie denn auch die physiologischen Wirkungen der Inductionsströme sehr bedeutende sind.

Eine wesentliche Verstärkung der Inductionsströme wird durch Einschieben von Eisenstäben oder von Drahtbündeln in die Hauptspirale erreicht. Es ist übrigens zu bemerken, dass die physiologische Wirkung der Inductionsströme durchaus nicht von der Stromstärke abhängig ist, sondern wesentlich bedingt ist durch die Raschheit, mit der die Entladungen erfolgen.

Um kräftige physiologische Wirkungen hervorzubringen, ist es nöthig, in kurzer Zeit eine grosse Anzahl von Entladungen hervorzubringen, was mit Hülfe der nun zu beschreibenden Vorrichtung erreicht werden kann.

Das Unterbrechungsrad dient diesem Zwecke am häufigsten. Dasselbe besteht aus einem, mit einer Kurbel um eine horizontale Axe drehbaren, gezahnten Rade von Messing. Sowohl die Axe als auch deren Unterlage sind von Metall und stehen mit einem Kupferdraht in leitender Verbindung. Andererseits drückt ein zweiter Kupferdraht federnd an dieses Rad. Die Stützen für die Radaxe sowohl als die beiden Kupferdrähte sind auf einem hölzernen Brettchen befestigt. Wird eine derartige Vorrichtung in den Schliessungsdraht einer galvanischen Kette eingeschaltet, was mit Hülfe der beiden Kupferdrähte geschehen kann, so ist die Kette vollständig geschlossen, da der eine Kupferdraht durch die Axenunterlage, die Axe und das Rad in leitender Verbindung mit dem anderen Kupferdraht steht. Dagegen wird die Leitung, wenn auch immer nur für kurze Zeit, unterbrochen, wenn das Rad gedreht wird, während der federnde Kupferdraht von einem Zahn zum nächsten überspringt. Diese Unterbrechungen und Wieder-

schliessungen der Kette werden sich um so rascher folgen, je rascher das Rad gedreht wird. So kurz auch die Unterbrechungen beim Drehen des Rades sein mögen, so reichen sie doch aus, um Inductionsströme zu erzeugen.

Es ist nun leicht verständlich, warum mit Hülfe einer derartigen Vorrichtung grössere physiologische Wirkungen hervorgebracht werden können, als mit anderen gewöhnlichen galvanischen Apparaten, wenn man berücksichtigt, dass die stärkste physiologische Wirkung eines galvanischen Stromes im Momente des Eintritts und im Moment des Aufhörens stattfindet. Ein mit einem Unterbrechungsrad versehener Inductionsapparat gestattet nun die rasche Aufeinanderfolge von Strombeginn und Stromerlöschen hervorzubringen, da nicht allein bei jeder Unterbrechung des Hauptstromes ein Aufhören und ein Wiederbeginnen des Stromes veranlasst wird, sondern zwei entgegengesetzte Ströme in rascher Folge mit einander wechseln, indem nicht allein beim Aufhören des Hauptstromes ein Inductionsstrom entsteht und wieder verschwindet, sondern auch im Moment des Wiedereintritts des Hauptstromes ein Inductionsstrom entsteht und wieder verschwindet. Eine Unterbrechung des Hauptstromes hat somit zweimaliges Entstehen und zweimaliges Verschwinden des Stromes zur Folge, es wird also in sehr kurzer Zeit viermal der Punkt eintreten, wo die Wirkung des Stromes am stärksten ist.

Wie schon gesagt, ist die Stärke des Schlages den man verspürt, wenn man einen Inductionsstrom durch den Körper gehen lässt, nicht abhängig von der Stromstärke, denn durch Einschieben eines massiven Eisenstabes in die Hauptspirale des Inductionsapparates wird die Stromstärke mehr vergrössert als durch Einschieben eines Drahtbündels, und doch ist in letzterem Fall der Schlag im Körper bedeutend stärker als im ersten Fall.

Unterbricht man den Nebendraht an irgend einer Stelle, so kann, wie schon gesagt, an dieser Stelle eine Entladung stattfinden, welche von einer Funkenbildung begleitet ist. Diese Entladungen sind oft von sehr bedeutender Heftigkeit, so dass selbst dicke Glasplatten durchbrochen werden.

Der Inductionsfunken ist etwas verschieden von dem Funken einer Electrisirmaschine. Er besteht aus einem hellleuchtenden Lichtstreifen, der bei grösserer Länge zickzackförmig gebrochen ist, und aus einer sogenannten Lichthülle oder Aureole, an welche hauptsächlich die erwärmenden und entzündenden Wirkungen des Inductionsfunkens gebunden sind. Die Aureole wird durch einen Luftstrom abgelenkt, den man auf den Inductionsfunken richtet, während der eigentliche Lichtstreifen seine Richtung nicht verändert. Es scheint die Aureole eine Leitung der Electricität durch die Luft zu sein, während der Lichtstreifen die

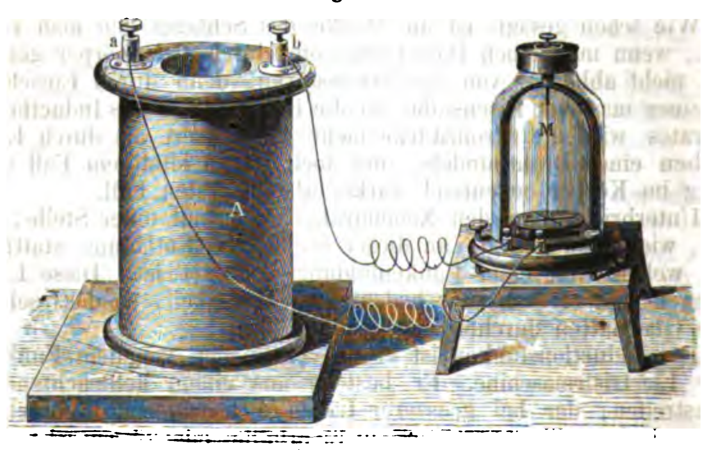
gewaltsame Durchbrechung derselben darstellt. Die Erwärmung der Drahtenden ist beim Ueberspringen des Inductionsfunkens sehr bedeutend, besonders stark wird der negative Poldraht erwärmt.

Inductionsapparate von besonderer Wirkung haben Ruhmkorff und Andere construirt. Ein solcher Apparat mit 60,000 Meter Länge des Inductionsdrahtes giebt Funken von 30—40 Centimeter Länge. Ein Funken von 2 Millimeter Länge kann man mit einer gewöhnlichen galvanischen Batterie erst mit 3000 Elementen erhalten und Funken von der Grösse der Inductionsfunken lassen sich überhaupt kaum mit gewöhnlichen galvanischen Apparaten erzeugen, ja selbst die Holtz'sche Electrisirmasche übertrifft, was Funkenlänge betrifft, den grossen Ruhmkorff'schen Inductionsapparat nur wenig.

Magnetoelectrische Inductionsapparate. Inductionsströme werden erzeugt durch Einschieben eines Magnets in eine Drahtspirale, welche in sich selbst geschlossen ist. Rasches Einschieben und wieder Herausziehen bewirkt eine Aufeinanderfolge trifft von Inductionsströmen wie bei den gewöhnlichen Inductionsapparaten.

Die Figur 195 stellt einen Apparat dar, mit Hülfe dessen sich

Fig. 195.



die Entstehung galvanischer Ströme beim Einschieben eines Magnets in eine Drahtspirale beobachten lässt.

A ist eine Drahtspirale, welche mit dem Galvanometer M in Verbindung steht. Das Drahtende a ist mit dem einen, das Drahtende b mit dem anderen Ende des Galvanometerdrahtes verbun-

den. Sobald ein Magnet in die Höhlung der Drahtspirale eingesenkt wird, erfolgt eine Ablenkung der Galvanometernadel; bald kehrt diese jedoch in ihre ursprüngliche Stellung zurück, um einen Ausschlag nach der anderen Richtung zu geben, sobald man den Magneten aus der Höhlung herauszieht.

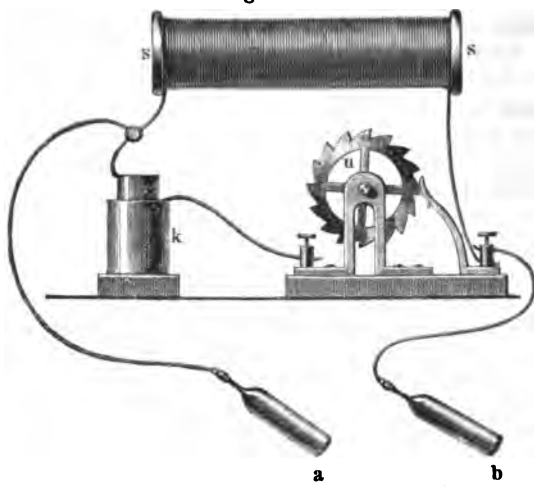
Man kann die magnetoelectrischen Inductionsapparate eintheilen in eigentliche magnetoelectrische und electromagnetische Inductionsapparate. Die ersteren bestehen aus einem Hufeisenmagnet, vor dessen Polenden ein eiserner Anker rotirt, der mit einer Inductionsspirale umwickelt ist, während die Inductionsströme in den electromagnetischen Inductionsapparaten dadurch zu Stande kommen, dass man einen Electromagnet mit einer Inductionsspirale umgiebt. Die rasche Aufeinanderfolge vieler Inductionsströme wird in diesen letzteren Apparaten dadurch erreicht, dass man die Kette, welche den Electromagnet zum Magnet macht, in rascher Folge schliesst und öffnet.

Die magnetoelectrischen Inductionsapparate beiderlei Art lassen sich zu denselben Versuchen verwenden wie die gewöhnlichen Inductionsapparate, und steht ihre Wirkung derjenigen der letzteren nicht nach.

Einwirkung der Windungen auf einander. In Folge der gegenseitigen Einwirkung der Windungen einer Schliessungsspirale auf einander kann man mit einer einzigen Spirale ähnliche Erscheinungen hervorrufen wie mit einem Inductionsapparat. In einer solchen Schliessungsspirale wird nämlich durch den Strom in eine Windung ein entgegengesetzt gerichteter Strom in den benachbarten Windungen inducirt, wodurch selbstverständlich die Wirkung des Hauptstromes wesentlich beeinträchtigt wird. Dieser entgegengesetzte Strom kommt im Moment der Schliessung der Kette zu Stande und äussert seine Wirkung nur eine kurze Zeit; deshalb kommt ein galvanischer Strom in einer solchen Spirale erst nach einiger Zeit zur vollen Wirkung. Wird der Strom unterbrochen, so entsteht ein demselben gleichgerichteter Inductionsstrom in demselben Drahte, den Faraday Extrastrom genannt hat. Durch Entladung dieses Extrastromes kann man einen ziemlich heftigen Schlag und Funken hervorbringen. Auch hier ist wieder die rasche Aufeinanderfolge der Inductionsströme bezüglich der Intensität der Wirkung das Wesentliche. Fig. 196 stellt einen Apparat dar, mit Hülfe dessen sich die Wirkung des Extrastromes auf den menschlichen Körper beobachten lässt.

ss ist die Drahtspirale, u ist ein Stromunterbrecher, k das galvanische Element, a und b sind Handhaben von Messing. Hat das Unterbrechungsrad die Stellung wie in der Figur, so circulirt der Strom von dem Element durch das Unterbrechungsrad nach der Drahtspirale, von da nach dem Ele-

Fig. 196.



mente zurückkehrend. Wird das Rad gedreht, so befindet sich stets das Element ausserhalb der Leitung, die nun in folgender Weise hergestellt wird, wenn man die beiden Handhaben dadurch in Verbindung setzt, dass man sie in beide Hände nimmt und so den eignen Körper in die Kette einschaltet; der Extrastrom, der im Moment der Unterbrechung erzeugt wird, circulirt aus der Spirale s nach a, durch den Körper nach b, von da nach der Spirale zurückkehrend. Auch die Wirkung des Extrastromes kann bedeutend dadurch verstärkt werden, dass man Eisenstäbe oder Drahtbündel in die Spirale einschiebt.

Thermoelectrische Ströme.

Werden zwei Stäbe von verschiedenem Metall mit ihren beiden Enden aneinandergelöthet und nun die eine Löthstelle erhitzt, während die andere kalt bleibt, so entsteht ein electrischer Strom, der sich mit Hülfe einer Magnetnadel nachweisen lässt. Am geeignetsten sind Wismuth und Antimon zum Hervorbringen thermoelectrischer Ströme. Löthet man zwei Stäbe von Wismuth und zwei Stäbe von Antimon so an einander, dass sie ein Rechteck bilden, in welchem die Seiten folgendermaassen angeordnet sind: Antimon, Antimon, Wismuth, Wismuth, — so circulirt ein Strom in diesem Metallstück, sobald eine der Löthstellen von Wismuth und Antimon erhitzt wird.

Ein Metallstück (Wismuth), an welchem auf beiden Seiten Streifen von Kupferblech angelöthet sind, ist ein thermoelectrisches Element. Werden die Enden der beiden Kupferstreifen mit einem Galvanometer in Verbindung gebracht, so lässt sich ein sehr schwach thermoelectrischer Strom nachweisen, der beim Erwärmen der einen Löthstelle entsteht.

Die Metalle lassen sich bezüglich ihres thermoelectrischen Verhaltens in eine Reihe ordnen, welche die Eigenschaft hat, dass bei der Combination zweier Metalle der positive Strom an der wärmeren Löthestelle immer von dem in der Reihe voranstehenden Metall zu dem folgenden übergeht. Diese Reihe ist:

+ Wismuth
Nickel
Kobalt
Palladium
Quecksilber
Platin
Gold
Kupfer
Zinn
Blei
Zink
Silber
Kadmium
Eisen
Antimon —

Wie durch ungleiche Erwärmung der Löthstellen zwischen zwei Metallen ein electrischer Strom erzeugt wird, so bringt auch ein galvanischer Strom, welcher durch die Verbindungsstelle beider Metalle geleitet wird, eine Wärmewirkung hervor.

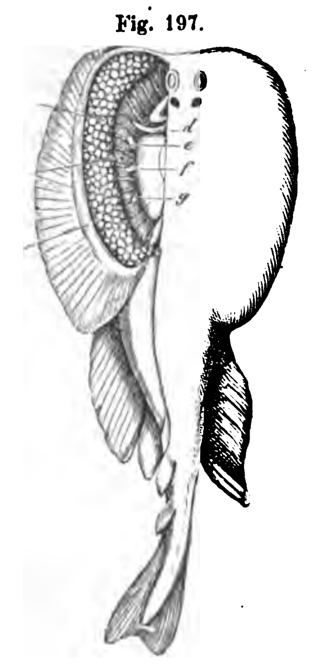
Thierische Electricität.

Der Zitterrochen (Torpedo narke, Mittelmeer), der Zitterwels (Melapterurus electricus, Nil, Senegal), der Zitteraal (Gymnotus electricus L., Südamerika) und einige andere Fische haben die Fähigkeit, electrische Schläge hervorzubringen, und zwar liegt die Ertheilung der Schläge ganz im Belieben der Thiere, denn sie bedienen sich dieser Kraft bei der Vertheidigung. Wenn man den Zitterrochen mit der einen Hand am Bauch, mit der anderen am Rücken berührt, so erhält man einen Schlag.

Diese Thiere besitzen ein besonderes Organ, welches als der Sitz der Electricitätsentwicklung angenommen wird und bei den verschiedenen Zitterfischen verschiedenen Bau besitzt. Beim Zitterrochen besteht es aus zahlreichen röhrenförmigen Zellen, welche säulenförmig neben einander gereiht sind.

Fig. 197 zeigt einen Zitterrochen auf der einen Seite geöffnet,

Fig. 197.



so dass das electrische Organ sichtbar ist. Dasselbe zieht sich vom Vorderrand des Kopfes bis in die Höhlung des Bauches und liegt zu beiden Seiten des eiförmigen Körpers. In der Zeichnung ist es durch die Buchstaben d e f g besonders bezeichnet.

Ein Zitterrochen vermag rasch hinter einander mehrere Schläge hervorzubringen, welche so stark sein können, dass Funken entstehen, aber er bedarf alsdann wieder der Ruhe, weil seine electrische Kraft erschöpft wird. Gegen gewöhnliche, nicht allzu starke electrische Entladungen sind die Zitterfische unempfindlich.

Wirkungen der Electricität.

Die Wirkungen, welche die Electricität ausüben kann, sind unter verschiedenen Bedingungen sehr verschieden. Von höchstem Interesse sind die physiologischen Wirkungen, welche besonders von den Inductionsströmen ausgeübt werden. Die physiologische Wirkung der Electricität beruht hauptsächlich auf einer Reizung der Nerven, wobei Lichtempfindung, Schallempfindung, Geschmacksempfindung oder örtlicher Schmerz wahrgenommen werden oder krampfhafte Zuckungen entstehen können, wenn ein Bewegungsnerv gereizt worden ist.

Nicht minder wichtig sind die chemischen Wirkungen der Electricität, welche besonders kräftig durch den galvanischen Strom ausgeübt werden.

Im Jahre 1800 wurde von den Physikern Carlisle und Nicholson zum ersten Male die Beobachtung gemacht, dass das Wasser eine Zersetzung erfahre, wenn der galvanische Strom hindurchgeleitet wird. Seitdem hat man in ausgiebigster Weise von der Electricität als zersetzendes Agens chemischer Verbindungen Gebrauch gemacht. Humphry Davy schied mit Hülfe des galvanischen Stromes die Alkalimetalle aus ihren Oxyden ab. Die ausgedehnteste Anwendung wird seit dieser Zeit von dem galvanischen Strome in der Galvanoplastik gemacht, während in

chemischen Laboratorien im Kleinen eine Anzahl von Metallen mit Hülfe des galvanischen Stromes aus ihren Verbindungen abgeschieden werden.

Leitet man den Strom einer aus mehreren Elementen gebildeten galvanischen Kette durch Wasser, welches man, um es besser leitend zu machen, angesäuert hat, so findet an den, die Polenden der Kette bildenden, metallischen Leitungsdrähten eine Entwicklung von Wasserstoff und Sauerstoff statt. Am besten bedient man sich als Polenden dünner Platinbleche; man nennt dieselben Electroden, und zwar das positive Polende Anode und das negative Kathode; die Substanzen, welche Zersetzung erleiden, Electrolyten und den ganzen Vorgang die Electrolyse. Die an den Polen ausgeschiedenen Zersetzungsproducte der Electrolyten heissen Jonen oder Jonten, und zwar die am positiven Pol ausgeschiedenen Anione oder electronegative Bestandtheile und die am negativen Pole ausgeschiedenen Katione oder electropositive Bestandtheile der Electrolyten. Der Wasserstoff scheidet sich bei der electrolytischen Wasserzersetzung an der Kathode ab, ist deshalb das Kation oder der electropositive Bestandtheil des Wassers, während Sauerstoff an der Anode abgeschieden wird und Anion oder electronegativer Bestandtheil des Wassers genannt wird. Das Wasser ist der Electrolyt.

Stülpt man über die aus Platinblechen bestehenden Electroden zwei kleine mit Wasser gefüllte Cylinder, so sammelt sich Wasserstoff und Sauerstoff in besonderen Gefässen an; man beobachtet dabei, dass stets nahezu zwei Volumina Wasserstoff entwickelt werden, wenn ein Volumen Sauerstoff abgeschieden wird. Die Zusammensetzung des Wassers lässt erwarten, dass dieses Volumenverhältniss der sich entwickelnden Gase eintritt, und wenn dies niemals genau der Fall ist, so hat das seinen Grund in einer Veränderung, welche der Sauerstoff selbst durch den galvanischen Strom erleidet. Derselbe verwandelt sich nämlich zum Theil in Ozon, welches, wie im chemischen Theile dieses Buches entwickelt, verdichteter Sauerstoff ist. Das Volumen des Sauerstoffs muss demnach etwas kleiner ausfallen als die Hälfte des Wasserstoffvolumens; ausserdem wird ein Theil des gebildeten Ozons vom Wasser absorbirt, wobei es letzteres in Wasserstoffhyperoxyd verwandelt.

Aber nicht allein Wasser, sondern noch eine grosse Anzahl anderer Körper werden durch den galvanischen Strom zersetzt, überhaupt widerstehen nicht viele chemische Verbindungen der Einwirkung starker galvanischer Ströme.

Salze erleiden eine Zersetzung in Säure und Base. Füllt man ein knieförmig gebogenes, mit der Biegung nach unten gekehrtes Glasrohr mit einer durch Lackmuss violett gefärbten

Glaubersalzlösung, taucht die Anode in den einen, die Kathode in den anderen Schenkel des Rohres und schliesst die galvanische Kette, so findet eine Zersetzung statt, indem sich freies Natronhydrat in demjenigen Schenkel ansammelt, in welchen die Kathode getaucht ist, während freie Schwefelsäure in dem anderen Schenkel an der Anode zum Vorschein kommt, was sich sehr deutlich dadurch zu erkennen giebt, dass die Flüssigkeit im ersten Schenkel von der freien Base blau, im anderen von der freien Säure roth gefärbt wird.

Galvanoplastik. Galvanoplastik ist das Verfahren, mit Hülfe electrolytischer Zersetzungen kupferne Copien von verschiedenen Gegenständen zu machen. Um diesen Zweck zu erreichen, bedient man sich eines Apparates, der aus einem galvanischen Elemente besteht, mit einem daneben stehenden Kasten, der mit einer concentrirten Lösung von Kupfervitriol angefüllt ist. Ueber dem Rande des Kastens liegen zwei Metallstäbe, deren einer P mit dem positiven Pole, und der andere N mit dem negativen Pole des Elementes in Verbindung ist. An P hängt man eine Kupferplatte und an N den mit einem Kupferüberzug zu versehenen Gegenstand. Erstere bildet alsdann den positiven, der letztere den negativen Pol des Elementes. Es schlägt sich nun an letzteren Kupfer nieder, während sich am positiven Pole Sauerstoff und Schwefelsäure ausscheiden, welche erstere das Kupfer der Polplatte oxydirt und somit eine Auflösung des Kupfers der Polplatte veranlasst. Die Concentration der Kupfervitriollösung im Kasten bleibt also die gleiche. Man lässt den Strom so lange gehen bis der Kupferüberzug dick genug geworden ist.

Zur Hervorbringung guter fester Ueberzüge ist es nothwendig, dass der Strom nicht zu stark und nicht zu schwach, aber namentlich, dass er während der ganzen Dauer des Versuches womöglich gleich stark sei.

Galvanische Vergoldung und Versilberung. Aus Lösungen von Goldcyanid oder Cyansilber in Cyankalium scheidet der galvanische Strom Gold oder Silber ab, welche sich auf gut metallische Gegenstände in Form einer festen Schicht ansetzen. Will man Gegenstände vergolden, so reinigt man sie zunächst, damit sie eine rein metallische Oberfläche erhalten, und setzt sie alsdann in ein Goldbad ein, während man sie in leitende Verbindung bringt mit dem negativen Pole einer aus wenigen Elementen bestehenden galvanischen Kette. Das Goldbad stellt man her durch Auflösen von 10 Theilen Cyankalium, 1 Theil Goldchlorid und 100 Theilen destillirten Wassers. Damit die Concentration des Goldbades stets dieselbe bleibt, senkt man ein Blech von Gold in das Bad, welches als positiver Pol dient und von welchem sich Gold in dem Maasse, als es sich aus der Lösung auf

den zu vergoldenden Gegenständen niederschlägt, auflöst. Die Dicke der Goldschicht hängt von der Dauer der Einwirkung ab.

Die galvanische Versilberung geschieht in derselben Weise. Das Silberbad stellt man dar durch Auflösen von Cyansilber in der zehnfachen Menge Cyankalium und der hunderfachen Menge Wassers.

Metallochromie nennt man das Verfahren, Metallüberzügen gewisse Farben auf galvanischem Wege zu verleihen. Man hängt den betreffenden, sorgfältig gereinigten Gegenstand, der mit dem positiven Pole einer aus drei Elementen bestehenden Daniell'schen Kette verbunden ist, in eine Lösung von Bleioxyd in verdünnter Kalilauge, welche sich in einem bleiernen oder Messinggefässe befindet, dessen Wand man mit dem negativen Pole der Kette verbindet. Am positiven Pole schlägt sich Bleihyperoxyd in sehr dünnen Schichten nieder, in Folge dessen eigenthümliche Farbenringe entstehen. Die Farben der Ringe sind roth, violett, gelb und grün und äusserst lebhaft. Sie ändern sich jedoch mit der Dicke der Niederschläge von Bleihyperoxyd. Die Ueberzüge sind sehr empfindlich gegen ammoniakalische und saure Dämpfe.

VIERTE ABTHEILUNG.

Mineralogie.

Allgemeines.

Die Mineralogie im Allgemeinen ist die Lehre von den Mineralien oder denjenigen homogenen, anorganischen Körpern, welche unmittelbares Naturproduct sind, deren Vorhandensein also weder die Mitwirkung organischer Processe, noch das Zuthun menschlicher Willkür voraussetzt. Diesen eigentlichen Mineralien pflegt man jedoch noch eine Reihe von Körpern (z. B. Kohle, Bernstein) anzufügen, die in Wirklichkeit nur Umwandlungsproducte organischer, den früheren Erdepochen angehörender Körper sind (Fossilien). Aus diesen Mineralien (und Fossilien) besteht die äussere Kruste unseres Planeten, der Erde.

Man unterscheidet in der Mineralogie (im allgemeinen Sinne):

Die Oryktognosie oder specielle Mineralogie, die Lehre von den Eigenschaften der Mineralien;

die Petrographie oder Lithologie, die Lehre von den aus den Mineralien gebildeten Gestein- und Felsarten;

die Geognosie, die Lehre von den Lagerungsverhältnissen der Gesteinsarten;

die Geologie oder richtiger Geogenie, die Lehre von der Entstehung dieser, die Erde bildenden Gesteinsarten und der Erde selbst; und

die Minerogenie, die Lehre von der Bildung der Mineralien selbst.

Wir haben es hier nun speciell mit der speciellen Mineralogie (Oryktognosie) zu thun, und unterscheiden hierbei wieder einen allgemeinen, einleitenden Theil, die Lehre von den morphologischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften der Körper (einschliesslich der Systematik), und den speciellen, beschreibenden Theil, die Physiographie oder Lehre von den Eigenschaften der einzelnen Mineralspecies.

Einleitender Theil.

Morphologie.

Sämmtliche Mineralien lassen sich bezüglich ihrer morphologischen Eigenschaften in zwei bestimmt unterschiedene Klassen theilen, sie sind krystallinisch (gesetzmässig gestaltet) oder amorph (gestaltlos, d. h. ohne gesetzmässige Form).

Von den Formen der krystallinischen Mineralien handelt die Krystallographie oder Lehre von den Krystallen. Krystall ist jeder starre anorganische Körper, der eine ihm wesentliche, ursprüngliche, mehr oder weniger regelmässige, polyedrische, d. h. von (im Allgemeinen) ebenen, in bestimmten, constanten Winkeln zusammentreffenden Flächen begrenzte Form besitzt.

Wir haben schon im physikalischen Theil die Grundzüge der Krystallographie dargelegt, und wollen hier nur eine etwas ausführlichere Besprechung derselben eintreten lassen, wie dieses für das Verständniss der Mineralien nothwendig ist. Wir können uns jedoch bei diesen Ausführungen sehr kurz fassen und über vieles nur andeutungsweise hinweggehen.

Die einzelnen Krystallformen lassen sich nach ihren Gestaltungsgesetzen in sechs verschiedene Abtheilungen oder Krystallsysteme bringen:

1) Das tesserale oder reguläre System,
2) das tetragonale oder quadratische System,
3) das rhombische System,
4) das hexagonale „
5) das monoklinische „
6) das triklinische „

Diese Eintheilung ergiebt sich aus der Beziehung ihrer Grenzflächen auf die Axen der Krystalle, d. h. auf gewisse in ihnen

durch einen gemeinschaftlichen Punkt, den Axenmittelpunkt, gehende angenommene Gerade, die durch diesen Punkt halbirt werden.

Bei den Axen unterscheidet man, falls sie nicht alle gleich sind, Haupt- und Nebenaxen, und stellt deshalb bei Betrachtung der Krystalle dieselben stets so, dass die Hauptaxe zur Erdoberfläche senkrecht steht. Man unterscheidet bei den einzelnen Krystallen Flächen, Ecken und Kanten. Zonen nennt man die ganze Anzahl von Flächen, deren Schnittlinien parallel laufen. Die Lage der Flächen wird durch die relativen Entfernungen der Punkte, in denen sie die Axen treffen, vom Axenmittelpunkt bestimmt. Als Grundformen bezeichnet man diejenigen Formen, deren Flächen die Axen in den angenommenen halben Längen schneiden, als abgeleitete alle übrigen Formen. Wird ein Krystall von lauter gleichnamigen Flächen begrenzt, so hat er eine einfache Form, besitzt er ungleichnamige Flächen, so hat er eine combinirte Form (Combination). Treten bei einer Krystallform sämmtliche möglichen Flächen gleichzeitig auf, so nennt man sie holoedrisch (ganzflächig); ist nur die Hälfte der möglichen Flächen ausgebildet, so nennt man sie hemiedrisch (halbflächig). Bei den hemiedrischen Formen sind zu unterscheiden parallelflächig-hemiedrische Formen, wenn die ausgebildeten Flächen parallel, geneigtflächig-hemiedrische, wenn sie zu einander geneigt sind. Noch seltener als die hemiedrischen, sind die tetartoedrischen Formen, wo nur ein Viertel der möglichen Flächen ausgebildet ist.

Zwillingsbildung findet statt, wenn zwei oder mehrere Krystalle nach bestimmten, den wirklichen Grenzflächen parallelen Flächen, den Zwillingsflächen, mit einander verwachsen, und gleichzeitig nach einer gemeinschaftlichen Axe, der Zwillingsaxe, um einen Winkel gedreht sind.

Da die Winkel, welche die Flächen mit einander bilden, bei den einzelnen Krystallen oder Individuen constant sind, so ist es für die Erkennung der einzelnen Mineralspecies von Wichtigkeit, die Grössen derselben zu kennen; aus derselben werden sodann die übrigen Grössenverhältnisse, wie Grösse der Axen, Neigung derselben zu einander, berechnet. Diese Messung geschieht mittelst des Goniometers oder Winkelmessers.

Zu den groben Messungen bedient man sich des Anlegegoniometers, wesentlich aus einem eingetheilten Kreise mit einem beweglichen und einem um den Mittelpunkt drehbaren Radius bestehend. Die beiden Radien werden nun an die entsprechenden Flächen angelegt und der Winkel an der Graduirung direct abgelesen. Bei dem zu feineren Arbeiten dienenden Reflexionsgoniometer wird die Grösse der Drehung beobachtet,

die erforderlich ist, um das Spiegelbild eines leuchtenden Punktes nach einander von der einen und dann von der anderen spiegelnden Krystallfläche nach der gleichen Stelle reflectirt zu erhalten.

Tesserales oder reguläres System.

Dieses System hat drei gleiche, auf einander senkrecht stehende Axen; die Krystalle desselben sind daher nach allen sechs Seiten gleich. Die Grundformen desselben sind

1) Das Octaëder (der Stereometrie), von 8 congruenten, gleichseitigen Dreiecken eingeschlossen; seine gegenüberliegenden Ecken sind durch die 3 Axen verbunden, und seine Flächen schneiden die 3 Axen in gleichen Abständen. Es hat 12 gleiche Kanten und 6 gleiche vierflächige Ecken. Kantenwinkel = 109° 28′ 16″. Durch Abstumpfung*) der Octaëderecken bis zum völligen Verschwinden der Flächen desselben, erhalten wir

2) den Würfel oder das Hexaëder, dessen Flächen zu 2 Axen parallel, zur dritten senkrecht sind. Er wird also von 6 Quadraten begrenzt, deren Mittelpunkte durch die Axen verbunden werden. Es hat 12 gleiche Kanten und 8 gleiche dreiflächige Ecken. Kantenwinkel 90°. — Durch Abstumpfung der Octaëderkanten (wieder bis zum Verschwinden der Flächen) erhalten wir

3) das Rhombendodekaëder oder Granatoëder. Seine Flächen, 12 congruente Rhomben, schneiden je zwei Axen in gleicher Entfernung und sind der dritten parallel. 24 gleiche Kanten; 6 vierflächige, 8 dreiflächige Ecken. Die Axen verbinden die gegenüberliegenden vierflächigen Ecken. Kantenwinkel 120°. — Durch Zuspitzung der Octaëderecken entsteht

das Deltoïd-Ikositetraëder oder Trapezoëder (Leucitoëder), dessen Flächen, 24 congruente Deltoïde, je zwei Axen in grösseren, gleichen Entfernungen, die dritte aber in kleinerer Entfernung treffen. Zweimal 24 gleiche Kanten; 26 Ecken (je 6, 8 und 12 gleiche). Die Axen gehen durch die 6 vierflächigen Ecken. Zweierlei Kantenwinkel von wechselnder Grösse.

Durch Zuschärfung der Octaëderkanten entsteht das Triakisoctaëder oder Pyramidenoctaëder. Die Flächen treffen

---

*) Bei Combinationen wird eine Kante durch eine Fläche abgestumpft, durch zwei eine Kante bildende zugeschärft; ebenso wird eine Ecke durch eine Fläche abgestumpft, durch zwei eine Kante bildende zugeschärft, durch mehrere eine neue Ecke bildende zugespitzt.

zwei Axen in gleicher, die dritte in grösserer Entfernung. 24 dreieckige Flächen, 36 Kanten (12 und 24); 14 Ecken (6 und 8). Die Axen gehen durch die 6 vierflächigen Ecken. Kantenwinkel wie beim vorigen.

Durch Zuschärfung der Würfelkanten entsteht analog das Tetrakishexaëder oder der Pyramidenwürfel. Seine Flächen treffen zwei Axen in ungleichen Entfernungen und sind der dritten parallel. 24 congruente Dreiecke; 36 Kanten (12 und 24); 14 Ecken. Die Axen gehen durch die 6 vierflächigen Ecken. Kantenwinkel wie oben.

Durch Zuschärfung der Kanten des Ikositetraëders endlich entsteht das Hexakisoctaëder (Achtundvierzigflächner, Pyramidendodekaëder), dessen Flächen jede Axe in einer anderen Entfernung treffen. 48 congruente, dreieckige Flächen; 72 Kanten (3 mal 24); Ecken (6, 8 und 12); dreierlei Kantenwinkel von wechselnder Grösse. Die Axen gehen durch die 6 achtflächigen (Octaëder-) Ecken.

Die hemiëdrischen Formen sind: Das Tetraëder (der Stereometrie), Halbflächner des Octaëders. 4 gleichseitige Dreiecke, 6 gleiche Kanten und 4 gleiche Ecken. Kantenwinkel 70° 32′. Die Axen gehen durch die Halbirungslinien je zweier windschief sich gegenüberliegender Kanten.

Der Halbflächner des Trapezoëders ist der Pyramidentetraëder. 12 gleichschenklige Dreiecke; 6 längere und 12 kürzere Kanten; 4 sechsflächige und 4 dreiflächige Ecken. Die Axen verbinden die Mitten der sich gegenüberliegenden grösseren Kanten.

Im Deltoïddodekaëder haben wir den Halbflächner des Pyramidenoctaëders. Flächen: 12 Deltoïde; 24 Kanten (zweimal 12); 14 Ecken (zweimal 4 dreiflächige und 6 vierflächige). Die Axen gehen durch letztere.

Der Halbflächner des Pyramidenwürfels ist das Pentagondodekaëder (Pyritoëder). 12 congruente Fünfecke mit je vier gleichen und einer ungleichen Seite. 30 Kanten (6 und 24), 20 Ecken (8 und 12). Die Axen verbinden die Mitten der sechs gleichen Kanten.

Vom Achtundvierzigflächner haben wir zwei Halbflächner, das Hexakistetraëder und das Diakisdodekaëder (Trapezoïdikositetraëder).

Tetragonales oder quadratisches System.

Die Krystalle des tetragonalen oder quadratischen Systems haben drei auf einander senkrechte Axen, zwei gleiche und eine dritte längere oder kürzere. Letztere bildet die Hauptaxe; die beiden anderen sind die Nebenaxen. Die Krystalle sind in Bezug auf die zwei gleichen Axen völlig gleich ausgebildet.

Wir haben in diesem System theils geschlossene, allseits begrenzte, theils offene Formen, letztere prismatische oder Parallelräume. Die holoëdrischen Formen sind: Das Quadratoctaëder oder die Pyramide und zwar erster Ordnung (Protopyramide), wenn die Nebenaxen die Eckpunkte der Basis, zweiter Ordnung (Deuteropyramide), wenn sie die Mittelpunkte der Seiten der Basis verbinden.

Die ditetragonale Doppelpyramide, aus zwei mit der Basis vereinigten, congruenten, achtseitigen Pyramiden gebildet.

Offene holoëdrische Formen, die natürlich nur in Combinationen vorkommen können, sind:

Das tetragonale Prisma, und zwar wiederum verschiedener Ordnung: das ditetragonale (achtseitige) Prisma und das basische Pinakoïd, ein zur Hauptaxe senkrechtes, paralleles Flächenpaar.

Von hemiëdrischen Formen haben wir das Sphenoïd (Keilflächner), dem Tetraëder entsprechend, das tetragonale Skalenoëder, der Halbflächner der ditetragonalen Pyramide, die tetragonale Pyramide dritter Ordnung (Tritopyramide), ebenfalls Halbflächner der ditetragonalen Pyramide (ersteres bildet sich dem Sphenoïd analog, bei letzterer verschwinden Flächen der oberen gleichzeitig mit den anstossenden der unteren Pyramide), das tetragonale Trapezoëder und schliesslich das tetragonale Prisma dritter Ordnung.

Das rhombische System.

Im rhombischen System haben wir drei auf einander senkrechte, aber sämmtlich ungleiche Axen. Eine derselben wird als Hauptaxe genommen, von den Nebenaxen heisst die längere die Makrodiagonale, die kürzere die Brachydiagonale. Die Ebene der Nebenaxe heisst basischer, die der Hauptaxe und Makrodiagonale makrodiagonaler, und die der Hauptaxe und Brachydiagonale brachydiagonaler Hauptschnitt.

Wir haben hier holoëdrische geschlossene Formen: Die rhombische Pyramide (Rhombenoctaëder) und Brachy- und Makropyramiden, durch Verlängerung einer Nebenaxe von den vorigen abzuleiten; offene holoëdrische Formen: Prisma, Brachy- und Makroprisma, diese drei mit der Hauptaxe parallelen Flächen, dann die Domen oder horizontalen Prismen, mit den Nebenaxen parallelen Flächen, und zwar Brachy- und Makrodoma, schliesslich das basische Pinakoid (Geradendfläche), das Brachy- und Makropinakoid.

Das rhombische Sphenoïd ist eine geschlossene hemiëdrische Form.

Das monoklinische (klinorhombische) System.

Die ungleich langen Axen, von denen zwei, unter einander schiefwinklige, mit der dritten rechte Winkel bilden. Eine der beiden schiefen Axen ist die Hauptaxe, die andere die Klinodiagonale, die dritte, zur Hauptaxe senkrechte, die Orthodiagonale. Dem entsprechend haben wir auch hier die Bezeichnungen der Schnitte, Prismen etc. Die Formen sind wieder Pyramiden, Prismen, Domen, Pinakoide wie beim vorigen System. Die Pyramiden sind eigentlich Combinationen zweier Hemipyramiden, da die dem spitzen Winkel des orthodiagonalen und basischen Hauptschnittes entsprechenden Flächen verschieden sind von den dem stumpfen Winkel entsprechenden. Es giebt also in diesem Systeme keine einfachen geschlossenen Formen, sondern nur Combinationen.

Das triklinische (klinorhomboidische) System.

Drei ungleich lange, sämmtlich zu einander schiefwinklige Axen. Die Formen derselben sind also nur parallele Flächenpaare, beziehungsweise Combinationen derselben. Wir haben Pyramiden, hier aus vier Viertels- oder Tetartopyramiden bestehend, Prismen, Hemidomen und Pinakoide.

Das hexagonale System.

Vier Axen, drei gleiche, in einer Ebene liegend, Winkel von 60° bildend, die vierte hierzu senkrecht, gewöhnlich grösser oder kleiner. Wir haben die hexagonale Doppelpyramide (Dihexaëder), erster und zweiter Ordnung, wie beim quadratischen System, und die dihexagonale oder zwölfseitige Pyramide. Dies die geschlossenen holoëdrischen Formen; offene holoëdrische sind: das hexagonale Prisma, erster und zweiter Ordnung, das zwölfseitige Prisma und das basische Pinakoid oder die Endfläche.

Hemiëdrische Formen (zuweilen als rhomboëdrisches System behandelt) sind das Rhomboëder, der Halbflächner der hexagonalen Pyramide, das Skalenoëder und die hexagonale Pyramide dritter Ordnung, beide Halbflächner der dihexagonalen Pyramide (analog quadratischen Formen), dreiseitige oder trigonale Pyramiden und Prismen und hexagonale Prismen dritter Ordnung. Ferner erscheinen hier noch tetartoëdrische Formen, pag. 781.

Die Krystalle, die wir in der Natur finden, sind gewöhnlich mehr oder weniger unvollkommen ausgebildet oder verzerrt; es beruht eben die Regelmässigkeit derselben nur auf der Beständigkeit der Winkel. Viele derselben besitzen eine ganz charakteristische Streifung einzelner Flächen, die mit der Combinations- und Zwillingsbildung zusammenhängt. Auch das Auftreten gekrümmter Krystallflächen findet bei einzelnen Species statt. — Eine eigenthümliche Erscheinung sind ferner die sogen. Pseudomorphosen oder Afterkrystalle, Mineralien, die auf irgend eine Weise eine ihnen nicht eigenthümliche Krystallgestalt angenommen haben. — Was ferner die innere Structur der Mineralien betrifft, so haben wir amorph, und zwar dicht bei völlig gleichmässiger Structur, glasig bei glänzenden Bruchflächen; krystallinisch und zwar körnig krystallinisch, blättrig, schuppig, faserig etc., Ausdrücke, deren Bedeutung sich ganz von selbst versteht.

Physikalische Eigenschaften.

Die physikalischen Eigenschaften der Mineralien sind von grösster Wichtigkeit für die Unterscheidung und Bestimmung der einzelnen Species, und müssen wir deshalb etwas näher auf dieselben eingehen. Es kommen hierbei wesentlich in Betracht:

1) Spaltbarkeit und Bruch.
2) Härte.
3) Tenacität.
4) Dichtigkeit und spec. Gewicht.
5) Magnetismus.
6) Electricität.
7) Thermische Eigenschaften.
8) Optische Eigenschaften.
9) Glanz, Farbe und Pellucidität.
10) Geruch, Geschmack, Gefühl etc.

Spaltbarkeit.

1) Die Spaltbarkeit der Mineralien beruht darauf, dass die Cohäsion derselben nach bestimmten charakteristischen Richtungen geringer ist, dieselben sich also nach bestimmten, zu dieser Richtung senkrechten, Ebenen leichter spalten lassen. Die Spaltungsebenen (**Blätterdurchgänge**) sind stets gewissen Flächen der Krystalle, denen überhaupt die Spaltbarkeit nur zukommt, parallel. — Der Bruch, d. h. die Beschaffenheit der bei Zertrümmerung der Mineralien entstehenden Theilungsflächen (**Bruchflächen**) ist **muschelig, eben, uneben; glatt, splittrig, erdig, hakig**; er ist ebenfalls für die verschiedenen Species charakteristisch.

Härte.

2) Die Härte der Mineralien pflegt man gewöhnlich durch Vergleichung mit anderen zu bestimmen und danach zu bezeichnen. Die gebräuchlichste Härtescala (von Mohs) wird von folgenden Mineralspecies gebildet:

1) Talk.
2) Steinsalz oder Gyps.
3) Kalkspath.
4) Flussspath.
5) Apatit.
6) Orthoklas.
7) Quarz.
8) Topas.
9) Kornud.
10) Diamant.

Jedes dieser Mineralien wird vom nächstfolgenden, härteren geritzt. — Die Beziehung des Härtegrads pflegt man gewöhnlich einfach durch die Zahlen dieser Scala auszudrücken, und hat z. B.

ein Mineral, welches Flussspath ritzt, von Apatit aber selbst geritzt wird, den Härtegrad 4—5 (d. h. zwischen 4 und 5). — Bei den Krystallen zeigen jedoch sowohl verschiedene Flächen, als auch dieselben Flächen in verschiedener Richtung verschiedene Härte. — Zur genaueren Härtebestimmung dient das sogen. Sklerometer, wesentlich eine mit Gewichten zu belastende, senkrecht wirkende Stahlspitze, unter der die zu ritzende Fläche in horizontaler Richtung durchgeführt wird. Die Gewichte geben hierbei den Härtegrad an.

Tenacität.

3) Bezüglich der Tenacität unterscheiden wir, wie im gewöhnlichen Leben, biegsame (elastische), spröde, milde (leicht pulverartig zu zermalmende), geschmeidige und dehnbare Mineralien.

Specifisches Gewicht.

4) Was specifisches Gewicht sei, und wie dasselbe zu bestimmen, wurde bereits im physikalischen Theil besprochen, und gelten die dort angeführten Regeln auch hier.

Magnetismus.

5) Magnetismus, beziehungsweise Einwirkung auf die Magnetnadel, findet nur bei einigen wenigen Mineralien statt, ist aber deshalb gerade für diese besonders charakterisch. Alle anderen Stoffe sind diamagnetisch, und nehmen zwischen den Magnetpolen je eine ganz bestimmte Axenstellung an.

Electricität.

6) Die Mineralien sind erstens gute oder schlechte Leiter der Electricität, zweitens können sie selbst electrisch werden, und zwar durch Reibung, durch Druck und durch Wärmeänderung. Bei der Thermo- oder Pyroelectricität, d. h. der durch Wärmeänderung erzeugten Electricität, kommt es vor, dass einzelne Mineralien an verschiedenen Enden der Krystalle verschieden electrisch werden; das Ende, das beim Erwärmen negativ wird, erhält bei Abkühlung gewöhnlich positive Electricität, und umgekehrt. Diese polare Electricität tritt häufig gleichzeitig mit Hemiëdrie auf.

Thermische Eigenschaften.

7) Von thermischen Eigenschaften ist besonders die Ausdehnung durch Erwärmung wichtig, und ist hierbei

bei den Krystallen des tesseralen Systems die lineare Ausdehnung nach allen drei Axen gleich gross,

bei den Krystallen des tetragonalen und hexagonalen Systems die lineare Ausdehnung nach der Richtung der Hauptaxe verschieden von jener nach der Richtung der Nebenaxen, welche dagegen ihrerseits gleich grosse Ausdehnung erleiden,

in den Krystallen der übrigen Systeme die lineare Ausdehnung nach allen drei Axen verschieden.

In ganz ähnlicher Weise hängt die Wärmeleitung in den Krystallen mit den Axenverhältnissen zusammen. Ferner kommen in Betracht Diathermansie und Athermansie, Schmelzbarkeit und Unschmelzbarkeit, gute und schlechte Wärmeleitung im Allgemeinen.

Optische Eigenschaften.

8) Von optischen Eigenschaften der Mineralien sind hier zunächst Strahlenbrechung und Polarisation zu berücksichtigen. Das Licht wird durch die verschiedenen durchsichtigen Mineralien verschieden stark gebrochen, in vielen jedoch wird der einfallende Lichtstrahl doppelt gebrochen, d. h. in zwei zerlegt, einen stärker und einen schwächer gebrochenen. Diese Eigenschaft der doppelten Strahlenbrechung haben sämmtliche krystallinische Mineralien, mit Ausnahme der dem regulären System angehörigen. Die Doppelbrechung ist um so stärker, je grösser der Winkel ist, den die beiden gebrochenen Strahlen mit einander bilden. In jedem Krystalle von doppelter Strahlenbrechung giebt es jedoch eine oder zwei Richtungen, nach welchen diese doppelte Brechung nicht stattfindet. Diese Richtungen nennt man die optischen Axen; die Krystalle des tetragonalen und hexagonalen Systems sind optisch einaxig, d. h. sie besitzen nur eine solche Richtung, die der übrigen Systeme sind optisch zweiaxig. In den optisch einaxigen Krystallen ist die Axe der doppelten Strahlenbrechung der krystallographischen Hauptaxe parallel; bei den zweiaxigen Krystallen liegen diese beiden Axen gewöhnlich in der Ebene eines Hauptschnittes, meistens symmetrisch zu den beiden Axen dieses Schnittes, und schneiden sich unter Winkeln von verschiedener, für die Species charakteristischer Grösse. Die Halbirungslinie dieses Winkels

nennt man die **optische Mittellinie** (**Bisectrix**); sie ist für das rhombische System einer der krystallographischen Axen parallel.

Merkwürdig ist auch das Verhalten der Krystalle zu **polarisirtem Licht** (vgl. bei Physik). Als Polarisationsapparat dient hierbei gewöhnlich die sogen. **Turmalinzange**, eine Art Zange mit Messingringen, in denen zwei gegen einander drehbare, durchsichtige, parallel der Hauptaxe geschliffene Turmalinplatten gefasst sind. Eine solche Turmalinplatte lässt nur polarisirtes Licht durch; dreht man daher die andere um 90°, dass die Polarisationsebenen senkrecht zu einander stehen, so wird dieses Licht ausgelöscht. Dieser Apparat dient besonders zur Erkennung regulärer, optisch ein- und zweiaxiger Krystalle, da auch die Doppelbrechung des Lichtes zugleich mit einer Polarisation der Strahlen verbunden sein kann.

Bringt man zwischen die Turmalinplatten eine dünne Platte eines Krystalles oder krystallisirten Körpers, so erhält man bei doppeltbrechenden Krystallen eigenthümliche Systeme concentrischer bunter Ringe, die von (je nach der Stellung der Turmalinplatten zu einander) dunkeln oder hellen Streifen oder Kreuzen (bei einaxigen Krystallen) durchzogen sind.

In den optisch einaxigen Krystallen sieht man:

a) ein kreisrundes Ringsystem, wenn die Lamelle (die Platte) rechtwinklig auf die Hauptaxe ist;
b) ein hyperbolisches System, wenn die Lamelle der Hauptaxe parallel ist; und
c) elliptische oder auch hyperbolische Bogen, wenn die Lamelle schief gegen die Hauptaxe ist.

In den optisch zweiaxigen Krystallen dagegen sieht man:

a) ein elliptisches Ringsystem, wenn die Lamelle rechtwinklig auf **einer** der optischen Axen ist;
b) hyperbolische Linien, wenn die Lamelle der Axenebene parallel ist;
c) Lemniscaten, wenn die Lamelle auf einer der optischen Mittellinien rechtwinklig ist.

Auch **Circularpolarisation** wurde, jedoch nur an wenigen Mineralien, z. B. Quarz, beobachtet.

Aehnlich verhält es sich mit der Phosphorescenz.

9) Bezüglich der **Farben** unterscheiden wir nach den **metallischen** und **nichtmetallischen** Farben in den verschiedensten Abstufungen. Sehr charakteristisch ist gewöhnlich die Farbe des Pulvers, „**des Strichs**,“ den man entweder durch Kratzen des Minerals oder Hinführen desselben über eine rauhe

helle Oberfläche erhellt. Einige Mineralien besitzen ferner Fluorescenz oder Pleochrismus.

Der Glanz der Mineralien ist Metall-, Diamant-, Glas-, Fett-, Perlmutter- oder Seidenglanz; ferner haben wir spiegelnde, glänzende, schimmernde Oberflächen zu unterscheiden.

Was die Durchsichtigkeit oder Pelluciditӓt betrifft, haben wir: durchsichtig (stark oder schwach), durchscheinend bis kantendurchscheinend (d. h. an den Kanten durchscheinend) und undurchsichtig (opak).

Weitere Eigenschaften.

10) Auch von Geruch, Geschmack etc. mancher Mineralien lässt sich bei der Diagnose der Species zuweilen passender Gebrauch machen; es gelten hier die allgemeinen Bezeichnungen.

Chemische Eigenschaften.

In chemischer Hinsicht gelten für die Mineralien die früher bei der Chemie selbst erörterten Gesetze. Die Mineralien bilden zusammengesetzte Molecüle, oder Atomcomplexe, deren Bestandtheile wir in qualitativer und quantitativer Beziehung nach den Methoden der chemischen Analyse zu ermitteln haben.

Sehr in den Vordergrund treten bei den Mineralien die Beziehungen zwischen chemischen und physikalischen Eigenschaften, speciell besonders die Beziehungen zwischen den Formeln und der Krystallform der Körper.

Das Gesetz des Isomorphismus ist früher schon ausführlich besprochen worden (pag. 211—217), und namentlich auch die theoretische Bedeutung desselben, insbesondere seine Anwendung zur Feststellung der chemischen Formeln der Verbindungen, erläutert worden (pag. 317—318).

Wir haben an den angezogenen Stellen gesehen, dass Substanzen isomorph genannt werden, welchen bei analoger chemischer Zusammensetzung eine gleiche oder doch höchst ähnliche Krystallform zukommt; so sind Kalkspath und Eisenspath isomorph, die Formel des ersteren ist $CaCO_3$, diejenige des letzteren $FeCO_3$. Isomorphe Körper haben, wie wir schon früher gesehen haben, die wesentliche Eigenschaft, mit einander in wechselnden Verhält-

nissen zu krystallisiren, und es bestehen nun die meisten krystallisirten Mineralien aus derartigen Gemischen isomorpher Körper, was bei der Zusammenstellung der Resultate einer quantitativen Mineralanalyse gebührend zu berücksichtigen ist. Man pflegt dies schon in der Formel auszudrücken, z. B. $\left.\begin{matrix} xZn \\ yFe \end{matrix}\right\} CO_3$, Zinkeisenspath, worin $y = 28-40\ \%$, d. h. worin also die diesem Procentsatz entsprechende Menge Zink durch eine aequivalente Menge Eisen ersetzt ist.

Solche Mischungen isomorpher Körper stehen in ihren Eigenschaften, besonders bezüglich der Krystallform resp. der Grösse der Winkel, in der Mitte zwischen den sie zusammensetzenden isomorphen Körpern selbst.

Systematik.

Mineralspecies oder -Art ist der Inbegriff aller derjenigen Mineralkörper, welche nach ihren morphologischen und chemischen Eigenschaften mit einander übereinstimmen.

Wenngleich nun die morphologischen Eigenschaften (Krystallform, Härte, specif. Gewicht) für die Feststellung der einzelnen Species von grosser Bedeutung sind, so sind sie doch für die Classification der Mineralien überhaupt von geringerer Wichtigkeit.

Der systematischen Eintheilung pflegt man gewöhnlich die chemischen Eigenschaften und die Zusammensetzung der Mineralien, sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Beziehung, zu Grunde zu legen.

Man unterscheidet also:

I. Metalloide, Metalle und Legirungen;
II. Sulfide und analoge Verbindungen mit Arsen und Antimon, Oxyde;
III. Haloidsalze;
IV. Sauerstoffsalze und zwar:
   1. Nitrate (salpetersaure Salze);
   2. Sulfate (schwefelsaure Salze);
   3. Carbonate (kohlensaure Salze);
   4. Phosphate (phosphorsaure Salze); Arseniate (arsensaure Salze), Antimoniate oder Stibiate (antimonsaure Salze), Borate (borsaure Salze), Wolframate

(wolframsaure Salze) und Molybdate (molybdänsaure Salze);

5. Silicate (kieselsaure Salze), Titanate (titansaure Salze);

V. Organogene Mineralien (Organoïde).

Wir werden im Ganzen diese Eintheilung der Mineralien beibehalten. Die betreffenden Unterabtheilungen der einzelnen Klassen werden wir im Verlaufe der Abhandlung des speciellen oder beschreibenden Theiles anführen.

Formeln der Mineralien.

Die Formeln der Mineralien werden nach denselben Principien gebildet wie die Formeln aller anderen chemischen Verbindungen. Wir werden uns in diesem Theile vorwiegend der atomistischen Formeln bedienen, da wir deren Anwendung in der organischen Chemie schon hinlänglich kennen gelernt haben und die Einleitung in die organische Chemie eine ausführliche Entwicklung der atomistischen Formeln auch der anorganischen Verbindungen enthält. Wo die Bekanntschaft mit den Mineralien es gestattet, werden wir auf die Constitution derselben Rücksicht nehmen und womöglich die Structurformeln anführen, nebenbei aber auch die Aequivalentformeln angeben.

Zum Verständniss der in anderen ausführlicheren Lehrbüchern der Mineralogie gebrauchten Bezeichnungsarten mag hier noch angeführt sein, dass man am häufigsten noch die Aequivalentzeichen gebraucht und hierbei eine Schreibweise anwendet, wie in der ersten Abtheilung dieses Buches. Viele Mineralogen haben die Formeln der Mineralien, welche mit Aequivalentzeichen geschrieben wurden, einfach durch Vertauschung der Aequivalentzeichen mit den Atomzeichen umgewandelt.

Eine ältere, durch Kürze der Formeln sich empfehlende Bezeichnungsweise setzte für Sauerstoff nicht das Zeichen O, sondern einen Punkt über das Symbol desjenigen Elementes, mit welchem der Sauerstoff als verbunden angesehen wurde; für Schwefel setzte man in derselben Weise einen Strich über das Symbol des anderen in der Verbindung enthaltenen Elementes; z. B. Wasser $HO = \dot{H}$ oder Schwefeleisen $FeS = \overset{\prime}{Fe}$. Die Formel des schwefelsauren Kalis war dann $\dot{K}\dddot{S}$, diejenige des phosphorsauren Kalks $\dot{Ca}_3 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$.

Specieller oder beschreibender Theil.

I. Elemente.

A. Metalloide.

Kohlenstoff.

a) Diamant ist regulär krystallisirt; die Krystalle sind gewöhnlich krummflächig ausgebildet, so dass häufig eine nahezu völlige Kugelgestalt zum Vorschein kommt. Meistens Octaëder, häufig auch Granatoëder oder Pyramidenwürfel, selten Pyramidenoctaëder. Häufig trifft man Zwillinge.

Der Diamant ist farblos, manchmal wasserhell, öfters gefärbt; weiss, grau und braun, auch grün, gelb, roth und blau, selten schwarz; er besitzt einen hohen Glanz, starkes Lichtbrechungsvermögen und zeigt schönes Farbenspiel. Im polarisirten Lichte zeigt er anomale Erscheinungen. Seine Härte ist gleich 10; sein specif. Gewicht gleich 3,44—3,55.

Der Diamant ist Kohlenstoff. Er verbrennt im Sauerstoff zu Kohlensäure, hinterlässt jedoch ein Minimum Asche, $^1/_{2000}$—$^1/_{500}$ seines Gewichtes. In gepulvertem Zustande wird er auch von saurem chromsaurem Kali und Schwefelsäure oxydirt.

Seine Hauptfundorte sind Vorderindien und Brasilien. In Vorderindien findet man ihn im Schlamme einiger Flüsse, in Sandstein und in eisenhaltigem Kiese; in Brasilien in einem glimmerhaltigen Quarzgestein. Ferner sind in Borneo, im Ural, in Nordcarolina, in Mexico, in Californien, in Algerien, in Australien und im südlichen Afrika Diamanten gefunden worden. Der Fund eines Diamants in Böhmen hat neuerdings grosses Aufsehen gemacht.

Der Diamant findet als Edelstein die ausgedehnteste Anwendung. Er wird zu diesem Zwecke einer Bearbeitung unterworfen, um seine werthvollen Eigenschaften, wie Glanz und Farbenspiel, besonders hervortreten zu lassen; er wird in seinem eignen Pulver geschliffen. Die geschliffenen Diamanten sind je nach der erzielten Form Rosetten oder Brillanten.

Kleinere Diamanten werden zum Glasschneiden, Bohren und Graviren vieler anderen harten Steine, sowie als Zapfenlager in Chronometern benutzt.

b) Graphit, Reissblei, Plumbago (Bleischweif) bildet hexagonale und zwar rhomboëdrische Krystalle, kommt übrigens auch in monoklinen Krystallen vor. Meist findet sich der Graphit derb, in blätterigen, strahligen, schuppigen bis dichten Aggregaten, und eingesprengt oder als Gemengtheil mancher Gesteine.

Der Graphit ist sehr vollkommen spaltbar nach der Richtung der Basis; die Spaltungsfläche ist häufig gestreift. In dünnen Blättchen ist der Graphit biegsam; fühlt sich fettig an. Sein spec. Gewicht schwankt zwischen 1,9—2,2 (1,8—2,26); die Härte ist gleich 2.

Er ist eisenschwarz, metallisch glänzend und undurchsichtig. Der reine Graphit ist Kohlenstoff, dem nur geringe Mengen von Eisenoxyd beigemengt sind. In einem ostindischen Graphit fand man jedoch 8 Procent Eisen und wechselnde Mengen von Thonerde.

Graphit verbrennt schwierig im Sauerstoff. Mit Oxydationsmitteln behandelt, liefert er complicirt zusammengesetzte, organische, nur wenig untersuchte Säuren, sogen. Graphitsäuren, und schliesslich Kohlensäure.

Das Vorkommen des Graphits ist ein ziemlich verbreitetes. Er bildet lagerartige, an Steinkohlenbildungen erinnernde Massen bei Briançon; er findet sich ferner im Gneis und im Granit in der Nähe von Passau, sowie bei Schwarzbach in Böhmen; sehr berühmt sind die Gruben im Thonschiefergebirge von Barrowdale bei Keswick in Cumberland, welche vorzüglichen Graphit liefern, sowie der Ceylon'sche und der vom südlichen Sibirien. Der am 15. März 1806 bei Alais gefallene Meteorstein, ebenso das Eisen von Tenessee enthalten Graphit.

Man hat den Graphit künstlich dargestellt, indem man Kohlenstoff in geschmolzenem Gusseisen löste, und durch Erkalten wieder zum Auskrystallisiren brachte.

Der Graphit findet die ausgedehnteste Anwendung zu den Bleistiften, ferner als Material von Schmelztiegeln und anderen feuerfesten Gefässen, als Ofenschwärze und zum Einschmieren von Maschinentheilen.

Schwefel.

Der Schwefel krystallisirt in rhombischen Octaëdern, welche die häufigste Grundform darstellen; dagegen sind auch sehr oft andere abgeleitete Formen beobachtet worden; so die Grundform mit dem Makropinakoide, die Grundform mit dem basischen Pinakoide, die Grundform mit einer stumpferen Pyramide und andere.

Die Krystalle haben in der Regel einen pyramidalen Habitus, da die Octaëderflächen vorherrschen, und finden sich entweder isolirt aufgewachsen oder zu sogenannten Drusen, scheinbar verwirrten, jedoch häufig nach bestimmten Regeln gebildeten Conglomeraten einzelner unvollkommen ausgebildeter Krystallindividuen, vereinigt. Bisweilen beobachtet man Zwillinge.

Die Krystalle sind klar und durchscheinend, jedoch in sehr verschiedenem Grade. Der Bruch ist muschelig und besitzt Fettglanz, auch ist er fettig, denn Wasser benetzt ihn nicht. Das spec. Gewicht ist gleich 2,07; Härte gleich 2.

Der gediegene Schwefel enthält sehr häufig Schwefelarsen. Der von Solfatara bei Neapel sogar 18 Procent.

Die chemischen Eigenschaften des Schwefels sind im ersten Theile dieses Buches schon beschrieben.

Das Vorkommen des krystallisirten Schwefels ist von zweierlei Art. Erstens mit Gyps und Bitumen in Thonschichten; so kommt er in Sicilien vor, von wo jährlich circa ein und eine halbe Million Centner ausgeführt werden, in Spanien an verschiedenen Orten, in Croatien, in Oesterreichisch-Polen. Zweitens als vulkanischer Schwefel.

Die Bildung des krystallisirten Schwefels scheint in allen oder bei weitem den meisten Fällen eine Folge der Zersetzung von Schwefelwasserstoff durch den Sauerstoff der Luft zu sein.

Ausser in deutlich krystallisirtem Zustande findet sich der Schwefel noch als muscheliger Schwefel und als sogenannter Mehlschwefel. Letzterer bildet eine zerreibliche Masse, welche wie die Schwefelblumen aus lauter kleinen Schwefelkrystallen besteht und sich sehr häufig in der Nähe von Vulkanen sowie in einigen Schwefelquellen (Aachen, Bex) findet.

B. Metalle.

Eisen.

Man hat zweierlei Arten von gediegenem Eisen zu unterscheiden, nämlich tellurisches Eisen und siderisches oder Meteoreisen. Beide Arten sind regulär krystallisirt.

Das tellurische Eisen bildet entweder Körnchen oder Blättchen; zuweilen findet es sich derb oder eingesprengt, während das siderische Eisen öfters grosse Klumpen von zackiger, poröser Structur bildet oder in Meteorsteinen eingesprengt ist.

Der Bruch des gediegenen Eisens ist hakig. Sein spec. Gewicht gleich 7—7,8; seine Härte gleich 4—5.

Das Meteoreisen zeigt die interessante Eigenschaft, dass geschliffene Flächen desselben beim Aetzen mit schwachen Säuren die sogenannten Widmanstätten'schen Figuren liefern, das sind Zeichnungen, bestehend aus dunklen Streifen und Strahlen, die sich unter einem Winkel von 60° schneiden.

Das tellurische Eisen enthält in der Regel kleine Beimengungen, z. B. Blei (bis zu 6 Procent), Kupfer, Nickel, Arsen und Graphit.

Das siderische Eisen enthält als einen constanten Begleiter Nickel, zuweilen auch Phosphor, manchmal enthält es auch Kobalt, selten andere Metalle.

Die chemischen Eigenschaften des tellurischen und siderischen Eisens stimmen mit denjenigen des künstlichen Eisens überein.

Vorkommen des tellurischen Eisens: Bei Mühlhausen in Thüringen, in Eisenkiesknollen; bei Chotren im Chrudiner Kreis in Böhmen; bei Petropawlowsk in Sibirien, im Goldsand (enthält 7 Procent Nickel); in der Gegend von St. Johns River in Liberia, von Quarz und Magneteisenerz umschlossen; in den Platinsand-Ablagerungen im Ural, sowie in den Goldsand-Ablagerungen am Altai. Sehr schön blättriges Eisen fand man in einem versteinerten Baume in der Nähe von Catharinenholm in Smaland; ferner findet sich gediegenes Eisen in vielen Basalten.

Das Meteoreisen findet sich sehr häufig auf der Erde; an einzelnen Orten in Massen bis zu 170 Centnern. Der vorzüglichste Fundort meteorischen Eisens ist das Thal von Toluca, westlich von der Stadt Mexico.

Kupfer.

Das gediegene Kupfer krystallisirt regulär, in Octaëdern, Würfeln oder Granatoëdern, die manchmal sehr wohl ausgebil-

det sind. Das Kupfer zeigt grosse Neigung zur Zwillingsbildung. Meistens sind die Krystalle stark verzerrt und in einander gewachsen. Es findet sich haar-, draht- und moosförmig, verästelt, in Platten und in Blechen, sowie als Anflug und eingesprengt.

Es besitzt keine besondere Spaltbarkeit, der Bruch ist hakig; das Mineral ist geschmeidig und dehnbar. Sein spec. Gewicht ist gleich 8,5—8,9; seine Härte gleich 2,5—3.

Es ist oft gelb oder braun angelaufen, besitzt aber meistens die gewöhnliche Kupferfarbe.

In der Regel kommt es frei von Beimengungen vor.

Seine chemischen Eigenschaften sind die des künstlich dargestellten Kupfers.

Die wichtigsten Fundorte sind am Lake superior in Nordamerika (bildet grosse wohlausgebildete isolirte Krystalle), Neudörfel bei Zwickau, Cornwallis, Fahlun, Turginskische Gruben und Connecticut.

Das interessanteste Vorkommen des gediegenen Kupfers ist das vom Lake superior, wo man es in einem Klumpen von 45 Fuss Länge, 22 Fuss Breite und 8 Fuss grösster Dicke fand (dieses Kupfer enthält 7,29 Procent Silber und 0,03 Procent Quecksilber).

Blei.

Ist bis jetzt noch nicht krystallisirt gefunden worden (das künstlich dargestellte Blei krystallisirt regulär). Es findet sich meist als Anflug oder in Blechen und ähnlich wie das Kupfer. Sein spec. Gewicht ist gleich 11,3—11,4; seine Härte gleich 1—2; leicht schmelzbar.

Die chemischen Eigenschaften sind die des künstlichen Bleis.

Die wichtigsten Fundorte sind bei Alston-Moor in Cumberland (mit Bleiglanz im Kalkstein); bei Zomelahuaca in Mexico (Staat Vera Cruz) (mit Bleiglätte und Bleiglanz), im Basalttuff des Rautenberg in Mähren, sowie im Melaphyr bei Stützerbach am Thüringer Wald, im Dolomit von Pajsberg in Wermland; es findet sich auch in Höhlungen von Meteoreisen.

Quecksilber.

Flüssig; in fadenförmigen oder kugeligen Massen. Das spec. Gewicht ist gleich 13,5—13,6.

Es enthält oft etwas Silber.

Es findet sich mit Zinnober auf Gängen, in Höhlungen und Klüften im Gestein.

Die Hauptfundorte sind Idria in Krain; Almaden in Spanien und Huancavelica in Peru; auch kommt es in Dilluvialschichten bei Lissabon und Lüneburg vor.

Silber.

Das Silber krystallisirt regulär und kommt in der Regel in ähnlicher Weise vor wie das Kupfer, d. h. drahtförmig das Gestein durchziehend, oder in baumartig verästelten Massen; selten findet es sich als sogenannter Silbersand; häufiger in Blechen und Platten.

Es besitzt keine bemerkbare Spaltbarkeit; sein Bruch ist hakig; es ist geschmeidig und dehnbar. Sein spec. Gewicht ist gleich 10,1—11; seine Härte gleich 2,5—3. Manchmal ist es gelb, braun oder schwarz angelaufen, meistens besitzt es jedoch die Farbe des reinen Silbers.

Sehr oft enthält das gediegene Silber Gold, manchmal auch Kupfer, Arsen, Antimon oder Eisen.

Es findet sich meistens auf Gängen, seltener auf Lagern. Die bedeutendsten Fundorte sind: Freiberg, Schneeberg, Marienberg, Annaberg, Johanngeorgenstadt, Joachimsthal, Markirchen, Kongsberg, am Altai, in Mexico, Chile, Peru, Californien, am Lake superior. An einzelnen Orten fand man grosse Massen von Silber, z. B. in Johanngeorgenstadt (eine Masse von 100 Centnern Gewicht) und Kongsberg ($7^1/_2$ Centner schwere Masse). Das Silber von Kongsberg enthält viel Gold, das sogenannte güldische Silber z. B. bis zu 28 Procent.

Gold.

Das Gold bildet reguläre, meist nicht sehr scharfkantige Krystalle; vornehmlich Octaëder, Würfel und Granatoëder, häufig auch Zwillingskrystalle. Findet sich ähnlich wie Silber und Kupfer, öfters auch als Goldsand oder Goldstaub, wohl als secundäres Gebilde; manchmal in ziemlich grossen Klumpen. In Australien fand man einen Goldklumpen von 210 Pfund.

Das Gold besitzt keine bemerkbare Spaltbarkeit. Sein spec. Gewicht ist gleich 15,6—19,4; seine Härte gleich 2,5—3.

Die chemische Zusammensetzung des gediegenen Goldes schwankt sehr bedeutend; es enthält stets Silber (1—40 Procent), kleine Mengen von Kupfer und Eisen.

Das Gold findet sich theils auf Gängen und in Lagern, theils

eingesprengt in Gebirgsgesteinen, theils auf secundären Lagerstätten als Waschgold, z. B. im Sande vieler Flüsse.

Seine Hauptfundorte sind folgende: Ungarn, Siebenbürgen, Leadshill, Beresowsk, Mexico, Peru, Brasilien, Nord- und Südcarolina, Neuschottland und Californien, sowie in Australien, auf St. Domingo, Borneo, in der Donau, Rhein, Isar und anderen deutschen Flüssen.

Das gediegene Gold ist die einzige Quelle für die Gewinnung des reinen Metalls.

Platin.

Es krystallisirt regulär; bildet selten Octaëder, meist findet es sich in kleinen runden Körnern. Sein spec. Gewicht ist gleich 17—18; seine Härte gleich 4—5.

Die chemische Zusammensetzung des gediegenen Platins ist sehr wechselnd. Es enthält stets die sogenannten Platinmetalle, Rhodium, Iridium, Osmium und Palladium, sowie Eisen und meist auch Kupfer. Der Platingehalt schwankt zwischen 78 und 87 Procent. Manchmal ist das Platin begleitet von Diamant, häufiger von Chromeisen und Magneteisen. Die Hauptfundorte des Platins sind am östlichen Abhange des Urals, weniger am Westabhange; auch in Südamerika, sowie in Californien und in den französischen Alpen findet sich Platin.

Das gediegene Platin ist der einzige Ausgangspunkt für die Gewinnung des reinen Platins.

Arsen*).

Das Arsen krystallisirt hexagonal, in rhomboëdrischen Krystallen. Es besitzt jedoch meistens eine feinkörnige Structur und bildet traubige, nierförmige oder kugelige Aggregate. Es ist in der Richtung der Basis vollkommen spaltbar; der Bruch ist uneben und feinkörnig. Sein spec. Gewicht ist gleich 5,7—5,8; seine Härte gleich 3,5.

Das Arsen, auch Scherbenkobalt genannt, findet sich hauptsächlich auf Kobalt- und Silbergängen in Sachsen, bei Andreasberg im Harz, bei Wittichen im Schwarzwald.

Unter dem Namen Fliegenstein kommt gediegenes Arsen in den Handel.

Gemengt mit 3—4 Procent Wismuth kommt es unter dem Namen Arsenikglanz vor.

*) Wir haben schon früher über die Stellung des Arsens in der Reihe der Elemente gesprochen; wir zählen es hier zu den Metallen.

Antimon.

Das Antimon kommt in Rhomboëdern vor. Winkel 87° 35′. Die Krystalle sind nach zwei Richtungen spaltbar. Sein spec. Gewicht ist gleich 6,6—6,8; seine Härte gleich 3—3,5. Das Metall ist weiss mit einem Stich ins Gelbe.

Das gediegene Antimon enthält in der Regel kleine Mengen von Silber, Eisen und Arsen. Seine chemischen Eigenschaften stimmen überein mit denen des künstlich dargestellten Metalls.

Es findet sich bei Andreasberg, in der Silbergrube von Sala in Schweden (im Kalkspath), bei Allemont in der Dauphiné, sowie auf der Insel Borneo.

Wismuth.

Das Wismuth krystallisirt in Rhomboëdern, welche dem Würfel sehr ähnlich sind und die man früher für Würfel hielt. Die Krystalle sind meist verzerrt; oft baumartig, federartig gruppirt. Sie sind nach zwei Richtungen spaltbar.

Das gediegene Wismuth besitzt ein spec. Gewicht von 9,6—9,8 und eine Härte gleich 2,5; seine Farbe ist röthlichgelb bis röthlichgrau und ist oft roth, gelb, braun oder bunt angelaufen.

Es enthält in der Regel Arsen in geringer Menge.

Seine Hauptfundorte sind: Schneeberg, Annaberg, Joachimsthal, Wittichen, Cornwallis und Devonshire, meist auf Gängen von Kobalt- und Nickelerzen.

Das gediegene Wismuth ist die einzige Quelle der Gewinnung des Metalls und seiner Verbindungen.

C. Legirungen.

Silberamalgam oder Amalgam wird ein sehr seltenes, regulär krystallisirtes Mineral genannt, welches derb oder eingesprengt, sowie in Platten oder als Anflug vorkommt. Sein spec. Gewicht ist gleich 13,7—14,1; seine Härte gleich 3—3,5. Es besteht aus Silber und Quecksilber, und zwar schwankt seine Zusammensetzung von 25 bis 86 Procent Silber und 73 bis 13 Procent Quecksilber. Jedoch lassen sich die einzelnen Vorkommnisse als Gemenge der drei Verbindungen Ag_2Hg_3, $AgHg$ und $Ag_{12}Hg$ (hat in reinem Zustande den Namen Arquerit und ein spec. Gewicht gleich 10,8) ansehen, deren jede auch in nahezu reinem Zustande sich findet. Es findet sich im Zinnober und Quecksilber bei Mörs-

feld und Moschellandsberg, sowie bei Almaden und bei Allemont.

Goldamalgam ist ein noch selteneres Mineral, welches Gold und Quecksilber und häufig auch Silber enthält. Es enthält circa 57 Procent Quecksilber, 39 Procent Gold und 5 Procent Silber. Es findet sich in flüssigem Zustande in fast allen Golddistricten Californiens.

Electrum enthält 64 Procent Gold und 36 Procent Silber und kommt in Silbergängen am Altai vor. Es hat eine hellgoldgelbe Farbe und ein spec. Gewicht gleich 14,1—14,6.

Palladiumgold oder Porperit enthält ausser Gold 4 Procent Silber und 10 Procent Palladium.

II. Sulfide und analoge Verbindungen mit Arsen und Antimon, Oxyde.

A. Arsenide und Antimonide.

Unter dem Namen der Arsenide und Antimonide fasst man eine Reihe von Verbindungen schwerer Metalle mit Arsen und Antimon zusammen, in welchen das Arsen und Antimon eine ähnliche Rolle spielen, wie der Schwefel in den Sulfiden. Wegen ihres besonderen chemischen Charakters, der sie den Legirungen nahe stellt und in Anbetracht, dass diese Verbindungen in speciell mineralogischer Hinsicht sich den oben beschriebenen Metallen am meisten anschliessen, werden diese verhältnissmässig weniger wichtigen Verbindungen schon jetzt abgehandelt.

Arsenikeisen.

Arsenikeisen, Arseneisen, Löllingit krystallisirt rhombisch und bildet meistens Säulen, welche leicht quer brechen, ohne gerade besondere Spaltung in dieser Richtung zu zeigen; oft findet es sich eingesprengt. Der Bruch ist uneben; sein spec. Gewicht ist gleich 7,1—7,4, seine Härte gleich 5—5,5.

Das Arseneisen enthält Arsen und Eisen in nicht ganz constanten Verhältnissen, meist auch Schwefel (1—2 Procent) seltener Antimon (1—2 Procent).

Die Zusammensetzungen der verschiedenen Varietäten Arseneisens entsprechen den Formeln $Fe\,As$ oder $Fe_2\,As_2$ ($Fe_2\,As$ oder $Fe_4\,As_2$) und $Fe_2\,As_3$ ($Fe_4\,As_3$).

Das Arseneisen giebt, im Kolben erhitzt, ein Sublimat von Arsen, beim Rösten Arsenigsäureanhydrid ($As_2\Theta_3$). Es löst sich in Salpetersäure unter Bildung von Arsenigsäureanhydrid, welches sich abscheidet.

Seine Fundorte sind Reichenstein in Schlesien (auf Serpentin), Lölling bei Hüttenberg in Kärnthen (auf Lagern von Spatheisenstein), Schladming in Steiermark, Andreasberg und Geyer in Sachsen.

Das meiste Arsen des Handels wird aus dem Reichensteiner Arseneisen gewonnen. Die Rückstände von der Sublimation enthalten in der Regel etwas Gold.

Geyerit und Glaucopyrit sind Varietäten von Arseneisen. Ersteres findet sich bei Geyer in Sachsen und hat ein geringeres spec. Gewicht als die anderen, letzteres bei Guadalcanal in Andalusien und besitzt eine Härte von 4,5.

Arsennickel.

1) Weissnickelkies (Arsennickel).

Krystallisirt rhombisch, meist derb und eingesprengt; manchmal in faserigen Aggregaten. Spec. Gewicht gleich 7,09—7,19; Härte gleich 5,5. Farbe zinnweiss.

Der Weissnickelkies enthält Arsen und Nickel als Hauptbestandtheile, stets aber auch Schwefel (bis 3 Procent) und Eisen (bis 17,7 Procent), seltener Kobalt und Antimon. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $\dot{N}iAs_2$ (Ni As).

Er giebt, im Kolben erhitzt, ein Sublimat von Arsen und hinterlässt $\dot{N}iAs$. Auf Kohlen mit der Löthrohrflamme erhitzt, giebt er starken Knoblauchgeruch, glüht nach dem Herausnehmen aus der Flamme weiter und umgiebt sich mit Krystallen von Arsenigsäureanhydrid.

Weissnickelkies findet sich bei Schneeberg und Riechelsdorf.

Chloanthit ist eine Varietät von Arsennickel, tesseral krystallisirt und oft mit einem grünen Ueberzug von arsensaurem Nickeloxydul versehen.

2) Rothnickelkies, Kupfernickel, Nickelin.

Krystallisirt hexagonal; Krystalle selten; meist undeutlich ausgebildet und verwachsen; findet sich am häufigsten derb und eingesprengt. Spec. Gewicht gleich 7,4—7,7; Härte gleich 5,5; Farbe licht kupferroth, grau und schwarz angelaufen. Giebt einen bräunlich schwarzen Strich.

Der Kupfernickel enthält Arsen und Nickel, als Hauptbestandtheil stets auch Schwefel (bis 3 Procent) und Eisen (bis

2,7 Procent), ausserdem manchmal Antimon und Kobalt, selten Blei.

Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $NiAs$ oder Ni_2As_2 (Ni_2As).

Er giebt beim Erhitzen im Kolben kein Arsensublimat. Schmilzt in der Löthrohrflamme, unter Entwicklung von Arsen, zu einer weissen Kugel. Löst sich in Salpetersäure, wobei sich Arsenigsäureanhydrid abscheidet.

Er findet sich bei Riechelsdorf in Hessen, bei Krageroë in Norwegen, bei Freiberg, Schneeberg, Annaberg, Marienberg, Joachimsthal, Sangerhausen (schön krystallisirt), Saalfeld, Andreasberg, Wolfach, Allemont.

Antimonnickel.

Krystallisirt hexagonal; bildet meist kleine, dünne Tafeln. Spec. Gewicht gleich 7,5—7,6; Härte gleich 5; Farbe lichtkupferroth. Er enthält Antimon und Nickel als Hauptbestandtheile, in der Regel noch Eisen und Schwefel, selten Blei (als Bleiglanz).

Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $NiSb$ oder Ni_2Sb_2 (Ni_2Sb).

Giebt ein schwaches Sublimat beim Erhitzen; schmilzt schwer, löst sich in Königswasser auf. Er findet sich bei Andreasberg.

Speiskobalt.

Speiskobalt oder Smaltin krystallisirt tesseral; bildet meist Drusen, kommt auch traubig, nierförmig, derb und eingesprengt vor. Wenig spaltbar; Bruch uneben; sein spec. Gewicht ist gleich 6,37—7,3; Härte gleich 5,5; Farbe zinnweiss bis hellstahlgrau, häufig bunt angelaufen.

Der Speiskobalt enthält Arsen und Kobalt als Hauptbestandtheile, in der Regel auch Schwefel (bis 3 Procent), Eisen und Kupfer, oft grosse Mengen von Nickel (an Stelle des Kobalts), manche Sorten auch Wismuth und Silber.

Die Zusammensetzung entspricht der Formel $CoAs_2$ ($CoAs$). Der Speiskobalt giebt kein Sublimat, beim Rösten Arsenigsäureanhydrid, schmilzt zu einer grauen Kugel; ist vollständig in Königswasser zu einer rothen oder grünen Flüssigkeit löslich.

Die Hauptfundorte sind Schneeberg, Annaberg, Johanngeorgenstadt, Joachimsthal, Riechelsdorf, Schladming, Allemont, Atacama (Südamerika).

Man unterscheidet zwei Varietäten, nämlich weissen Speiskobalt und grauen Speiskobalt (stark eisenhaltig, daher

hohes spec. Gewicht). Der nickelhaltige Speiskobalt ist wohl richtiger als Chloanthit anzusehen.

Tesseralkies.

Tesseralkies, Skutterudit, Arsenikkobaltkies, krystallisirt tesseral und kommt auch derb in körnigen Aggregaten vor. Spec. Gewicht gleich 6,74—6,84; Härte 6; Farbe zinnweiss bis bleigrau. Enthält Kobalt und Arsen als Hauptbestandtheile, sowie Eisen und Schwefel in geringer Menge.

Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $CoAs_3$ oder Co_2As_6 (Co_2As_3). Giebt beim Erhitzen ein Sublimat von Arsen, und verhält sich im Uebrigen wie Speiskobalt. Er findet sich bei Skutterud in Norwegen.

Arsenkupfer.

Arsenkupfer oder Domeykit findet sich in nierförmigen Massen, sowie derb und eingesprengt; Bruch muschelig uneben; spec. Gewicht gleich 7—7,5; Härte 3—3,5; Farbe zinnweiss bis silberweiss, oft gelblich und bunt angelaufen.

Es enthält Arsen und Kupfer als Hauptbestandtheile, Eisen und Schwefel in geringerer Menge.

Seine Zusammensetzung entspricht der Formel Cu_3As oder Cu_6As_2 (Cu_6As).

Es findet sich in Chile und Mexico.

Varietäten von Arsenikkupfer sind der silberhaltige Algodonit, Domeykit, Condurit und Whitneyit. Letzterer enthält mehr Kupfer und hat wahrscheinlich die Formel Cu_9As oder $Cu_{18}As_2$ ($Cu_{18}As$).

B. Sulfide.

Wir theilen die Sulfide in zwei Klassen, die einfachen Sulfide, welche neben Schwefel nur ein Metall enthalten und Doppelsulfide, welche neben Schwefel mehrere Metalle enthalten. Die Sulfide schliessen sich, was ihren allgemeinen mineralogischen Charakter anlangt, an die Arsenide und Antimonide eng an; so ist ihr ganzer Habitus, ihr Vorkommen und ihre vermuthliche Entstehung dem der Arsenide am ähnlichsten.

Einfache Sulfide.

Eisensulfide.

Eisenkies, Schwefelkies, Pyrit, krystallisirt tesseral, häufig in hemiëdrischen Formeln; bildet Zwillinge, meist Durchkreuzungszwillinge; so kommen Durchkreuzungszwillinge von zwei Pentagondodekaëdern vor.

Der Pyrit zeigt einen grossen Reichthum an Formen und kommt z. B. in 13 verschiedenen Formen von Pentagondodekaëdern, 3 Ikositetraëdern, 1 Triakisoctaëdern und 9 Diakisdodekaëdern vor. Im Ganzen kennt man 54 verschiedene Formeln des Pyrits.

Die Krystalle des Pyrits sind sowohl sehr gross als auch sehr klein, sehr häufig findet er sich nierförmig, knollig und in organischen Formen, sowie derb und eingesprengt.

Sein spec. Gewicht ist gleich 4,9—5,2; Härte gleich 6—6,5; Farbe gelb, goldgelb, oft braun, manchmal bunt angelaufen.

Der Pyrit enthält Eisen und Schwefel und kommt ihm die Formel FeS_2 (FeS_2) zu; zuweilen ist er gold- und silberhaltig.

Er giebt beim Erhitzen Schwefel ab und hinterlässt einfach Schwefeleisen. Salzsäure greift ihn nur wenig an. Salpetersäure lässt Schwefel zurück.

Der Pyrit ist sehr verbreitet. Schöne Varietäten hat man auf Elba, bei Traversella und Brosso in Piemont, am Gotthard und bei Freiberg sowie bei Arendal, Fahlun, Beresowsk, Dresden und Dillenburg gefunden.

Der Eisenkies wird vielfach zur Gewinnung von Schwefel, sowie zur Darstellung von Eisenvitriol und rauchender Schwefelsäure benutzt.

Speerkies, Spärkies, Kammkies, Binarkies, Markasit, Strahlkies, Wasserkies, krystallisirt rhombisch und bildet häufig kuglige, traubige, nierförmige, stalaktitische, knollige Gruppen. Undeutlich spaltbar; Bruch uneben; spec. Gewicht gleich 4,65—4,88; Härte gleich 6—6,5; Farbe graugelb, manchmal grünlich.

Er enthält Eisen und Schwefel als Hauptbestandtheile, Kupfer, Kobalt, Mangan und Blei als nicht constante Bestandtheile in geringerer Menge; selten auch Arsen.

Seine Zusammensetzung entspricht der Formel FeS_2 (FeS_2). Das chemische Verhalten stimmt mit dem des Pyrits überein.

Die Fundorte sind Clausthal, Zellerfeld, Littniet, Przibram, Freiberg und Derbyshire.

Mangansulfide.

Manganglanz, Manganblende, Alabandin.

Krystallisirt tesseral, in körnigen Aggregaten und eingesprengt; vollkommen nach der Würfelfläche spaltbar; Bruch uneben; spec. Gewicht gleich 3,9—4; Härte gleich 3,5—4; Farbe eisenschwarz; etwas metallisch glänzend; häufig angelaufen oder matt.

Er enthält Mangan und Schwefel als Hauptbestandtheile. Ist beim Erhitzen unveränderlich, fast unschmelzbar in der Löthrohrflamme. Salzsäure löst ihn unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff auf.

Seine Zusammensetzung entspricht der Formel MnS (MnS).

Die Fundorte sind einige Orte in Siebenbürgen, Gersdorf in Sachsen, Alabanda in Carien, Mexico, am Flusse Orizaba, und Brasilien. Als Hüttenproduct wurde Manganglanz zu Königshütte in Oberschlesien beobachtet.

Hauerit.

Krystallisirt tesseral; bildet hemiëdrische Formen. Sehr vollkommen nach den Würfelflächen spaltbar. Spec. Gewicht gleich 3,463; Härte gleich 4; Farbe dunkelröthlichbraun; hat metallartigen Diamantglanz.

Enthält Mangan und Schwefel. Hat die Formel MnS_2 (MnS_2). Beim Erhitzen giebt er Schwefel ab. Löst sich in Salzsäure unter Abscheidung von Schwefel und Entwicklung von Schwefel auf.

Findet sich im Schwefelwerk Kalinka bei Végles unweit Neusohl in Ungarn.

Haarkies.

Haarkies, Nickelkies, Millerit, krystallisirt hexagonal; in Rhomboëdern; bildet dünne, nadelförmige, büschelförmig oder verworren gruppirte Krystalle; hexagonale Säulen mit rhomboëdrischer Endigung. Die Krystalle sind leicht zerbrechlich, die ganz feinen Nadeln etwas biegsam. Spec. Gewicht gleich 5,26—5,3; Härte gleich 3,5; Farbe messinggelb, manchmal bunt oder grau angelaufen.

Enthält Nickel und Schwefel als Hauptbestandtheile, öfters auch Eisen und Kupfer, aber nur in geringer Menge (1—2 Procent). Seine Zusammensetzung entspricht der Formel NiS (NiS).

Er schmilzt in der Löthrohrflamme, entwickelt schweflige Säure; giebt nach dem Rösten im Reductionsfeuer eine magnetische Metallmasse. Salpetersäure und Königswasser lösen ihn auf.

Seine Fundorte sind Johanngeorgenstadt, Joachimsthal, Przibram, Riechelsdorf, Camsdorf, Oberlahr im Westerwalde, Saarbrücken, Dortmund und Bochum (im

Steinkohlengebirge), Nanzenbach in Nassau, Pennsylvanien, Antwerp in New York.

Er wird häufig auf Nickel verarbeitet.

Zinkblende.

Zinkblende, Blende, Sphalerit, krystallisirt regulär, in Tetraëdern; häufig Zwillinge bildend. Sie kommt derb, in körnigen aber auch in faserigen Aggregaten vor. Vollkommen nach einer Richtung spaltbar. Spec. Gewicht gleich 3,7—4,2; Härte gleich 3,5—4; Farbe grüngelb, gelb, röthlich, meistens jedoch braun bis schwarz (von beigemengtem Eisen), selten farblos; Diamantglanz und Fettglanz, durchscheinend bis undurchsichtig.

Enthält Zink und Schwefel als Hauptbestandtheile, meist auch Eisen und Kupfer, seltener Kadmium oder Blei.

Die Zusammensetzung entspricht der Formel ZnS (ZnS).

Im Löthrohrfeuer wenig veränderlich; im Reductionsfeuer einen braunen Beschlag (Kadmiumgehalt), sodann einen weissen gebend. Salzsäure greift sie schwer an; Salpetersäure löst sie unter Abscheidung von Schwefel leichter auf.

Die Fundorte sind zahlreich. Sehr schöne Exemplare finden sich in Franklin in New Yersey.

Eine hexagonal krystallisirte seltene Varietät ist der Wurtrit. Marmatit und Christophit sind stark eisenhaltige Zinkblenden.

Greenockit.

Sehr selten. Krystallisirt hexagonal. Die Krystalle sind sehr klein, einzeln aufgewachsen. Spec. Gewicht gleich 4,8—4,9; Härte 3—3,5; Farbe gelb bis braun; Diamantglanz. Enthält Kadmium und Schwefel und hat die Formel CdS (CdS). Färbt sich beim Erhitzen hochroth, decrepitirt; giebt auf Kohle einen braunen Beschlag und löst sich in Salzsäure. Fundort ist Bishopton in Schottland.

Bleiglanz.

Bleiglanz, Galenit, krystallisirt regulär. Oft findet man grosse, ziemlich gut ausgebildete, öfters dagegen verzerrte Krystalle, meist aufgewachsen oder zu Drusen vereinigt. Bildet zuweilen Zwillinge. Am häufigsten findet sich der Bleiglanz derb und eingesprengt. Er ist nach der Würfelfläche vollkommen spaltbar. Spec. Gewicht gleich 7,3—7,6; Härte gleich 2,5; Farbe bleigrau, röthlich, zuweilen bunt angelaufen; er giebt einen

dunkelgrauen Strich, besitzt starken Metallglanz, manchmal schillernd.

Er enthält Blei und Schwefel als Hauptbestandtheile, häufig etwas Silber (0,01—0,03 Procent, der von Lauenstein in Hannover 0,08 Procent). Seine Zusammensetzung entspricht der Formel PbS (PbS).

Beim Erhitzen auf Kohle schmilzt er, giebt Schwefel ab, liefert einen gelben Beschlag, der beim Erhitzen dunkler wird, und hinterlässt ductiles Metallkorn; dabei entwickelt sich schweflige Säure. Salzsäure greift den Bleiglanz nur langsam in der Wärme an. Salpetersäure oxydirt ihn zu schwefelsaurem Bleioxyd.

Der Bleiglanz ist ein sehr verbreitetes Mineral; kommt auf Lagern und Gängen und in Gebirgssteinen vor, in Deutschland, Siebenbürgen, Kärnten, England, Spanien und Nordamerika.

Bleischweif ist eine dichte Varietät von Bleiglanz, welche gegen 4 Procent Schwefelzink, sowie Schwefeleisen und Schwefelantimon enthält.

Johnstonit ist eine sehr schwefelreiche Varietät, welche in Siebenbürgen und an einigen anderen Orten in Begleitung von Bleiglanz vorkommt.

Der Bleiglanz liefert sämmtliches Blei des Handels.

Kupfersulfide.

Kupferglanz, Chalkosin, Chalcocit, Kupferglas, Redruthit.

Krystallisirt rhombisch; zeigt mehrere Combinationen. Die Krystalle sind tafelförmig oder kurz säulenförmig; häufig Zwillinge. Meist derb und eingesprengt; unvollkommen spaltbar; Bruch uneben. Spec. Gewicht gleich 5,5—5,8; Härte 2,5—3; Farbe dunkel bleigrau, zuweilen angelaufen.

Enthält Kupfer und Schwefel, meist auch Eisen (0,3 — 3 Procent).

Die Zusammensetzung entspricht der Formel Cu_2S (Cu_2S). Liefert beim Erhitzen kein Sublimat, beim Rösten schweflige Säure. Er färbt die Flamme bläulich. Im Reductionsfeuer liefert er Kupferflitter. Er löst sich in Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel zu einer blauen Flüssigkeit auf.

Die Fundorte sind Freiberg, Berggieshübel, Siegen, Saalfeld, Mansfeld, Frankenberg in Hessen, Kapnik, Redruth in Cornwall, Norwegen, Sibirien und Bristol in Connecticut.

Der Kupferglanz ist ein wichtiges Material zur Darstellung des Kupfers im Grossen.

Kupferindig, Covellin.

Krystallisirt hexagonal, in dünnen, tafelförmigen Krystallen, gewöhnlich derb, nierförmig, feinkörnig, bisweilen in stengeligen Aggregaten. Sehr vollkommen in der Richtung der Basis spaltbar. Spec. Gewicht gleich 3,80—3,85; Härte gleich 1,5—2; Farbe dunkel indigblau bis schwarz; schwachen Fettglanz bis Metallglanz.

Enthält Kupfer und Schwefel als Hauptbestandtheile, meistens Eisen und Blei, zuweilen Silber. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel ĈuS (CuS). Beim Erhitzen giebt er Schwefel ab, verhält sich im Uebrigen wie Kupferglanz.

Seine Fundorte sind: Sangerhausen, Leogang in Salzburg, Badenweiler, Vesuv, Chile, Algodonbai in Bolivia, Angolo in Afrika, Insel Kawau bei Neuseeland (hier in grossen Massen), in den Goldfeldern von Victoria in Australien und auf der Insel Luzon.

Silberglanz.

Krystallisirt regulär; meist verzogene Krystalle bildend; einzeln aufgewachsen oder häufiger zu Drusen vereinigt. Spec. Gewicht gleich 7—7,4; Härte gleich 2—2,5; Farbe dunkel bleigrau bis schwarz, oft dunkelbraun angelaufen, etwas glänzend.

Er enthält Silber und Schwefel als Hauptbestandtheile, meist sind ihm Bleiglanz, Schwefelkies und Kupferglanz beigemengt.

Seine Zusammensetzung entspricht der Formel Ag_2S (AgS). Schmilzt in der Löthrohrflamme auf Kohle, entwickelt schweflige Säure und hinterlässt ein Silberkorn. Löst sich in Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel auf.

Seine Fundorte sind Sachsen, Böhmen, Schlesien, Kongsberg, Mexico, Chile, Peru und Nevada.

Silberglanz ist eine Hauptquelle zur Gewinnung des Silbers. Eine tesseral krystallisirende Varietät ist Polyargyrit, der sich in Wolfach im Schwarzwald findet; derselbe enthält gegen 8 Procent Antimon als Schwefelantimon.

Zinnober.

Zinnober, Cinnabarit, Mercurblende, krystallisirt hexagonal, in rhomboëdrischen Formen. Man unterscheidet blättrigkörnigen Zinnober, dichten und erdigen Zinnober, gewöhnlich derb, eingesprengt und als Anflug auf Erzgängen (nur in kleiner Menge), häufiger in Lagern, die mit kohlenhaltigen Gebirgen in Verbindung stehen. Das spec. Gewicht des Zinnobers ist gleich 8—8,2;

seine Härte gleich 2—2,5; seine Farbe ist hochroth, scharlachroth bis schwarz, selbst bei schwarzen Varietäten ist der Strich noch roth.

Der Zinnober enthält Quecksilber und Schwefel.

Seine Zusammensetzung entspricht der Formel HgS (HgS). Beim Erhitzen färbt er sich dunkler und sublimirt vollständig. Mit kohlensaurem Natron oder Natronhydrat erhitzt, giebt er Quecksilber ab, welches sich im Glasröhrchen zu kleinen metallglänzenden Kügelchen verdichtet. Löst sich in Königswasser unter Schwefelabscheidung.

Die wichtigsten Fundorte sind: Idria, Wolfsberg und Moschellandsberg, Almaden in Spanien und Neu Almaden bei St. José südlich von San Francisco in Californien.

Man unterscheidet ausser den obengenannten Varietäten von Zinnober noch als besondere Art das Quecksilberlebererz, einen durch Bitumen dunkel gefärbten Zinnober, der sich besonders in Idria findet. Die rothe Farbe tritt erst im Strich hervor.

Der Zinnober ist das wichtigste Quecksilbermineral. Aus ihm wird die grösste Menge Quecksilber des Handels dargestellt.

Molybdänglanz.

Molybdänglanz, Molybdänit, Wasserblei, krystallisirt hexagonal, und bildet in der Regel nur undeutliche tafelförmige oder blättrige Krystalle. Dieselben sind sehr vollkommen basisch spaltbar. Dünne Blättchen sind biegsam, fettig anzufühlen. Das spec. Gewicht ist gleich 4,6—4,9; Härte gleich 1—1,5; Farbe röthlich bis bleigrau bis schwarzgrau.

Der Molybdänglanz enthält Molybdän und Schwefel. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel MoS_2 (MoS_2).

Er verändert sich beim Erhitzen nicht, giebt beim Rösten schweflige Säure, die Flamme färbt er gelblichgrün. Auf Kohle erhitzt, liefert er einen weissen, in der Hitze gelblich bis roth werdenden Beschlag. Die Phosphorsalzperle ist grün.

Von Salzsäure wird er nicht angegriffen; Salpetersäure oxydirt ihn zu Molybdänsäure, einem in Wasser unlöslichen weissen Pulver, welches sich in Salzsäure zu einer grünlichen Flüssigkeit auflöst; Schwefelsäure löst ihn zu einer blauen Flüssigkeit auf.

Die Fundorte des Molybdänglanzes sind Altenberg, Zinnwald, Ehrenfriedersdorf, Schlaggenwalde, in Finnland an vielen Orten, ebenso in Cornwall und Nordamerika.

Molybdänglanz ist ein wichtiges Rohmaterial zur Gewinnung der Molybdänverbindungen.

Realgar.

Realgar, Rothe Arsenikblende, Roth Rauschgelb, krystallisirt monoklin und bildet säulenförmige Krystalle. Er findet sich als Anflug oder Ueberzug, sowie derb und eingesprengt. Nach zwei Richtungen spaltbar; Bruch uneben. Spec. Gewicht gleich 3,4—3,6; Härte gleich 1,5—2; Farbe roth mit einem Stich ins Braungelbe; er besitzt Fettglanz und ist durchscheinend; giebt einen orangegelben Strich; zeigt starke Doppelbrechung, die optischen Axen liegen im klinodiagonalen Hauptschnitte.

Der Realgar enthält Arsen und Schwefel und seine Zusammensetzung entspricht der Formel As_2S_2 (AsS_2).

Er ist schmelzbar und vollständig flüchtig, im Röhrchen erhitzt liefert er ein rothgelbes Sublimat; beim Rösten giebt er schweflige Säure und ein weisses Sublimat von Arsenigsäureanhydrid. Erhitzt man ihn mit einem Gemenge von Soda und Cyankalium, so liefert er einen Arsenspiegel. Kalilauge löst ihn in der Wärme zum Theil auf, es bildet sich ein Sulfosalz des dreifach Schwefelarsens und ein unlösliches braunes Sulfosalz des zweifach Schwefelarsens. Salzsäure greift ihn nicht an, dagegen lösen ihn Salpetersäure und leichter noch Königswasser unter Abscheidung von Schwefel.

Die Fundorte sind: Kapnik, Felsöbanya, Joachimsthal, Schneeberg, Andreasberg, Tajowa bei Neusohl, Solfatara bei Neapel, Binnenthal in Wallis; ferner findet er sich in den brennenden Halden mancher Steinkohlenwerke.

Operment.

Operment, Auripigment, Rauschgelb, Gelbe Arsenblende, krystallisirt in rhombischen Formen, und zwar meistens in säulenförmigen Krystallen, welche häufig durcheinander gewachsen sind. Meist kommt das Operment derb und eingesprengt vor, häufig auch in stängeligen Aggregaten, sowie in Form stalaktitischer Gebilde. Die Krystalle sind sehr vollkommen brachydiagonal spaltbar, die Spaltungsflächen sind vertical gestreift. Das spec. Gewicht ist gleich 3,4—3,5; die Härte gleich 1,5—2; die Farbe gelb; die Krystalle besitzen Perlmutterglanz bis Fettglanz.

Die Bestandtheile sind Arsen und Schwefel, und entspricht die Zusammensetzung des Operments der Formel As_2S_3 (AsS_3). Die chemischen Eigenschaften gleichen dem des Realgars vollständig, mit Ausnahme des Verhaltens gegen Alkalien, worin sich

Operment leicht vollständig zu arsenigsauren und sulfoarsenigsauren Alkalien auflöst.

Die Fundorte sind: Kapnik, Andreasberg, Felsöbanya, Tajowa, Wallachei und Natolien.

Operment kann künstlich in denselben Formen erhalten werden, in denen es in der Natur vorkommt.

Unter dem Namen Dimorphin kommt ein Mineral vor, welchem die Formel As_4S_3 (As_2S_3) zukommt.

Antimonglanz.

Antimonglanz, Antimonit, Grauspiessglanzerz, Stibnit, krystallisirt rhombisch und ist mit Operment isomorph. Die Krystalle sind säulenförmig und vertical gestreift; meist sind die Krystalle verwirrt durcheinander gewachsen, oft auch büschelförmig gruppirt, sowie zu stängeligen bis faserigen Aggregaten vereinigt. Das spec. Gewicht ist gleich 4,6—4,7; die Härte gleich 2; die Farbe grau bis schwarz. Die Krystallaggregate haben einen schwachen Glanz, während die Spaltungsflächen stark glänzend sind.

Die Bestandtheile des Antimonglanzes sind Antimon und Schwefel, meist enthält er jedoch auch Eisen und Blei, wohl als Bleiglanz, seltner Kupfer. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel Sb_2S_3 (SbS_3).

Der Antimonglanz schmilzt leicht; beim Erhitzen in der Löthrohrflamme färbt er dieselbe grünlich; er entwickelt beim Rösten schweflige Säure. Er ist fast vollständig flüchtig und hinterlässt nur einen Rückstand, wenn er eine der oben genannten Beimengungen enthält. Beim Erhitzen mit Soda auf Kohle giebt er einen weissen, zum Theil flüchtigen Beschlag und ein sprödes Metallkorn. Der Beschlag ist ein Gemenge von $Sb_2\Theta_3$ (SbO_3) und $Sb_2\Theta_4$ (SbO_4). Salzsäure löst den Antimonglanz beim Erhitzen vollständig zu Antimonchlorür auf, während Schwefelwasserstoff entweicht. Salpetersäure verwandelt ihn in unlösliche weisse Antimonsäure. Beim Kochen mit fixen Alkalien oder kohlensauren fixen Alkalien wird er aufgelöst; aus der Lösung fällen Säuren orangerothes, amorphes dreifach Schwefelantimon.

Die Fundorte sind: Mobendorf bei Freiberg, Neudorf am Harz, Przibram, Kremnitz, Schemnitz, Felsöbanya, Goldkronach, Peretta in Toscana, Borneo, Neu-Braunschweig und Nevada.

Der Antimonglanz ist das wichtigste Mineral zur Gewinnung des Antimons und seiner Verbindungen.

Wismuthglanz.

Wismuthglanz, Bismutin, krystallisirt rhombisch in nadelförmigen oder säulenförmigen, stängeligen Aggregaten von blättriger oder strahliger Textur. Das spec. Gewicht ist gleich 6,4—6,6; die Härte gleich 2—2,5; die Farbe hellbleigrau, mit einem Stich ins gelbliche, und bunt angelaufen.

Die Bestandtheile sind Wismuth und Schwefel, meist auch Kupfer und Eisen, manchmal Blei, selten Gold. Die Zusammensetzung entspricht der Formel Bi_2S_3 (BiS_3). Beim Erhitzen giebt der Wismuthglanz etwas Schwefel ab. Auf der Kohle im Löthrohrfeuer erhitzt, giebt er einen braunen Beschlag und ein sprödes Metallkorn, während sich der Geruch nach schwefliger Säure bemerkbar macht. Salpetersäure löst ihn unter Abscheidung von Schwefel auf.

Die Fundorte sind: Johanngeorgenstadt, Altenberg, Joachimsthal und mehrere andere Orte.

Doppelsulfide.

Magnetkies.

Der Magnetkies krystallisirt hexagonal; selten in guten Krystallen, meist derb und eingesprengt. Das spec. Gewicht ist gleich 4,54—4,64; die Härte gleich 3,5—4,5; die Farbe ist broncegelb, häufig braungelb angelaufen, giebt einen grauschwarzen Strich. Das Mineral ist magnetisch.

Er enthält nur Eisen und Schwefel, ist jedoch trotzdem als ein Doppelsulfid anzusehen, weil er zweifellos Oxydeisen und Oxyduleisen, also dreiwerthiges und zweiwerthiges Eisen enthält. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel Fe_7S_8 (Fe_7S_8). Die vermuthliche Constitution der Verbindung wird durch das folgende Schema dargestellt:

$$(\overset{III}{Fe}S_3)_2\ \overset{II}{Fe}(\overset{II}{\overline{Fe_2S}})_2$$

$$\text{oder}\ \overset{III}{Fe}\begin{array}{l} \diagup S-\overset{II}{Fe}-S\diagdown \\ -S-(\overset{II}{Fe_2}S)_2-S- \\ \diagdown S-(\overset{II}{Fe_2}S)_2-S\diagup \end{array}\overset{III}{Fe}.$$

Wir nehmen in dieser Verbindung die zweiwerthige Gruppe Fe_2S an, welche wohl nachfolgende nähere Structurformel hat:

$$-Fe-S-Fe-$$

die beiden nach auswärts gerichteten Striche bedeuten die beiden Affinitäten, womit die Gruppe Fe_2S in der gesammten Verbindung an die anderen Schwefelatome gebunden ist. Der Magnetkies erscheint uns somit als ein Salz der Säure $(FeS_3)H_2$, in welchem die Wasserstoffatome theilweise durch zweiwerthiges, also Oxydul-Eisen, theilweise durch die Gruppe (Fe_2S) vertreten ist.

Der Magnetkies giebt beim Erhitzen kein Sublimat; schmilzt in der Löthrohrflamme; im Wasserstoffgas erhitzt, verliert er Schwefel und wird zu FeS. Salzsäure löst ihn unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff und Abscheidung von Schwefel auf.

Die Fundorte sind: Kupferberg, Bodenmais, Breitenbrunn, Andreasberg, Kongsberg, Fahlun; ausserdem enthalten einige Meteorsteine Magnetkies.

Kobaltkies.

Krystallisirt tesseral. Sein spec. Gewicht ist gleich 4,8—5; seine Härte gleich 5,5; seine Farbe röthlich, oft gelb angelaufen.

Er enthält Kobalt und Schwefel, ist jedoch insofern als Doppelsulfid anzusehen, als er Oxydkobalt und Oxydulkobalt enthält. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $Ɵo_3S_4$ (Co_3S_4) (dem Kobaltoxyduloxyd entsprechend zusammengesetzt), die Constitution dieser Verbindung wird zweifellos durch das folgende Schema ausgedrückt:

$$(ƟoS_2)_2Ɵo \text{ oder } \begin{matrix}(Ɵo = S) - S \\ (Ɵo = S) - S\end{matrix}\!\!>Ɵo.$$

Der Kobaltkies löst sich in Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel zu einer rothen Flüssigkeit auf.

Er findet sich nur an wenigen Orten, z. B. Riddarhytta und Müsen.

Eisennickelkies.

Krystallisirt tesseral, derb und in körnigen Aggregaten. Das spec. Gewicht ist gleich 4,6; die Härte gleich 3,5—4; die Farbe hellgelbbraun; giebt einen dunklen Strich.

Das Mineral enthält Eisen, Nickel und Schwefel als Hauptbestandtheile, Kupfer in geringer Menge, und seine Zusammensetzung entspricht der Formel Fe_2S_3Ni $(Fe_2S_3Ni$ oder $2FeS + NiS)$. Die Constitution des Eisennickelkieses wird durch das nachfolgende Schema ausgedrückt:

$$Ni<\begin{matrix}S - Fe \\ S - Fe\end{matrix}>S.$$

Der Eisennickelkies löst sich in Salzsäure beim Erhitzen auf. Er findet sich bei Lillehammer in Norwegen.

Kupferkies.

Kupferkies, Chalkopyrit, krystallisirt quadratisch und kommt am häufigsten derb und eingesprengt vor. Das spec. Gewicht ist gleich 4,1—4,3; die Härte gleich 3,5—4; die Farbe messinggelb bis goldgelb, oft bunt angelaufen; er giebt einen dunklen Strich.

Die Bestandtheile sind Kupfer, Eisen und Schwefel, und seine Zusammensetzung entspricht der Formel $FeCuS_2$ ($FeCuS_2$ oder $Fe_2S_3 + Cu_2S$) und seine Constitution wird durch das nachfolgende Schema dargestellt:

$$(FeS_2)_2Cu_2 \text{ oder } \begin{matrix}(Fe = S) - S - Cu \\ (Fe = S) - S - Cu\end{matrix}\Big>$$

wonach er als ein Sulfid des Oxydeisens und Oxydulkupfers aufgefasst wird.

Der Kupferkies decrepitirt beim Erhitzen, färbt sich dunkler und giebt in der Regel keinen Schwefel ab. Nach dem Rösten schmilzt er zu einer dunkelgrauen, aussen schwarz und rauh erscheinenden, magnetischen Kugel zusammen.

Die Fundorte sind: Freiberg, Mansfeld, Goslar, Lauterberg, Müsen, Eiserfeld, Dillenburg, Cornwall, Fahlun, Röraas und viele Orte in Nordamerika.

Der Kupferkies ist das häufigste Kupfererz und liefert die grösste Menge des im Handel vorkommenden Kupfers.

Buntkupfererz.

Buntkupfererz, Buntkupferkies, Bornit, krystallisirt tesseral und bildet vorzügliche Zwillingskrystalle. Schöne Krystalle sind selten, meist findet sich das Erz in derben Massen. Das spec. Gewicht ist gleich 4,9—5,1; die Härte gleich 3; die Farbe roth bis gelbbraun, meist bunt angelaufen.

Das Buntkupfererz enthält Kupfer, Eisen und Schwefel, und es kommt ihm die Formel Cu_3FeS_3 (Cu_3FeS_3 oder $3Cu_2S + Fe_2S_3$) zu. Die Constitution der Verbindung wird durch das folgende Schema dargestellt:

$$(FeS_3)_2(Cu_2)_3 \text{ oder } Fe \begin{matrix}\diagup S - Cu - Cu - S \diagdown \\ - S - Cu - Cu - S - \\ \diagdown S - Cu - Cu - S \diagup\end{matrix} Fe.$$

Es erscheint demnach das Buntkupfererz als ein Salz der

Säure FeS_2H_2, deren Wasserstoff durch Oxydulkupfer ersetzt ist, mithin als eine Verbindung von Sulfid des Oxydeisens mit Sulfid des Oxydulkupfers.

Das Buntkupfererz giebt beim Erhitzen keinen Schwefel ab, schmilzt zu einer grauen, nach langem Blasen magnetischen Kugel, die spröde und im Bruch grauroth ist. Salzsäure greift es nur schwer an, während Salpetersäure es leicht unter Abscheidung von Schwefel löst.

Die Fundorte sind zahlreich; in Deutschland sind es hauptsächlich Freiberg, Annaberg, Eisleben, Berggieshübel, Sangerhausen, Kupferberg und Mansfeld.

Das Buntkupfererz liefert ein sehr schönes Kupfer; es wird sehr viel darauf verarbeitet.

Kupfersilberglanz.

Krystallisirt rhombisch und ist isomorph mit Kupferglanz. Krystalle sind selten, meist kommt er derb und eingesprengt vor. Das spec. Gewicht ist gleich 6,2—6,3; die Härte gleich 2,5—3; die Farbe bleigrau; er besitzt einen starken Glanz.

Der Kupfersilberglanz enthält Kupfer, Silber und Schwefel als Hauptbestandtheile, Eisen in geringer Menge (bis $2^1/_2$ Procent). Die Zusammensetzung entspricht der Formel $CuAgS$ (Cu_2AgS_2 oder $Cu_2S + AgS$); die Constitution wird durch das folgende Schema dargestellt:

$$<\begin{matrix} Cu - S - Ag \\ Cu - S - Ag. \end{matrix}$$

Er erscheint als ein Sulfid des Oxydulkupfers und des Silbers.

Beim Erhitzen schmilzt er zu einer Kugel, welche nach dem Abtreiben mit Blei Silber zurücklässt. Salpetersäure löst ihn unter Abscheidung von Schwefel zu einer blauen Flüssigkeit auf.

Die Fundorte sind Rudelstadt in Schlesien, Schlangenberg in Sibirien und mehrere Orte in Peru und Chile.

Der Kupfersilberglanz findet Anwendung zur Gewinnung von Kupfer und Silber.

Sulfosalze.

Sulfarsenite, Sulfantimonite.

Arsenikkies.

Arsenikkies, Arsenikalkies, Arsenkies, Arsenopyrit, Misspickel, krystallisirt rhombisch und findet sich selten in einzelnen säulen- oder tafelförmigen Krystallen, häufiger in körnigen Aggregaten. Das spec. Gewicht ist gleich 6—6,2; die Härte gleich 5,5—6; die Farbe silberweiss bis stahlgrau; er giebt einen schwarzen Strich.

Der Arsenikkies enthält Arsen, Eisen und Schwefel als constante und Hauptbestandtheile, meist auch Antimon (circa 1 Procent), selten Silber oder Gold. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $FeAsS$ (Fe_2AsS_2 oder $FeS_2 + FeAs$).

Er liefert beim Erhitzen im Röhrchen zuerst ein rothes bis braunes Sublimat von Schwefelarsen, zuletzt ein schwarzes, metallglänzendes Sublimat von metallischem Arsen. Er schmilzt auf Kohle in der Löthrohrflamme zu einer schwarzen magnetischen Kugel. Salpetersäure oder Königswasser lösen ihn unter Abscheidung von Schwefel auf.

Die Fundorte sind: Freiberg, Munzig, Hohenstein, Altenberg, Zinnwald, Joachimsthal, Schlaggenwalde, Reichenstein in Schlesien, Sala in Norwegen und Cornwall.

In einigen Varietäten ist das Eisen zum Theil durch das isomorphe Kobalt ersetzt; so enthält der Kobaltarsenikkies von Skuterud in Norwegen 6,5—8,57 Procent Kobalt und 28,77—26,62 Procent Eisen.

Der Arsenikkies dient zur Gewinnung des Arsens und des weissen Arseniks. Der Kobaltarsenikkies liefert als ein Nebenproduct das Material zu Blaufarben.

Kobaltglanz.

Kobaltglanz, Glanzkobalt, Kobaltin, krystallisirt regulär und zwar in hemiëdrischen Formen und complicirten Combinationen. Die Krystalle sind meist eingewachsen; er kommt aber auch derb und eingesprengt vor. Die Krystalle sind hexaëdrisch spaltbar; das spec. Gewicht ist gleich 6—6,1; die Härte gleich 5,5; die Farbe silberweiss bis grau mit einem Stich ins Röthliche, oft grau angelaufen.

Der Kobaltglanz enthält Arsen, Kobalt und Schwefel als Hauptbestandtheile, Eisen in geringerer Menge (bis 6 Procent), und

seine Zusammensetzung entspricht der Formel ĈoAsS (Co_2AsS_2 oder CoS_2 + CoAs).

Beim Erhitzen des Kobaltglanzes verflüchtigt sich nichts; auf Kohle in der Löthrohrflamme erhitzt, giebt er Arsendämpfe und starken Knoblauchgeruch und schmilzt zu einer schwach magnetischen Kugel. Salpetersäure löst ihn unter Abscheidung von Schwefel auf.

Die Fundorte sind Skuterud, Tunaberg in Schweden, Querbach in Schlesien und Siegen in Westphalen.

Nickelglanz.

Man unterscheidet einen arsenhaltigen und einen antimonhaltigen Nickelglanz. Der erstere wird Gersdorffit oder Nickelarsenkies genannt, der letztere Ullmannit, Nickelantimonkies, Nickelspiessglanz oder Antimonnickelglanz. Beide Varietäten sind regulär krystallisirt und bilden zuweilen hemiëdrische Formen; letztere auch häufig Zwillinge. Der Gersdorffit hat das spec. Gewicht 5,95—6,7, die Härte 5,5, ist weiss bis grau und besitzt schwachen Glanz, der Ullmannit hat das spec. Gewicht 6,2—6,5, die Härte 5—5,5, ist bleigrau bis stahlgrau und bunt angelaufen. Der Gersdorffit enthält Nickel, Arsen und Schwefel als Hauptbestandtheile, Antimon, Eisen, Kobalt und Kupfer als nicht constante Bestandtheile und in geringerer Menge. Die Formeln der beiden Mineralien sind: N̶iAsS (Ni_2AsS_2 oder NiS_2 + NiAs) und N̶iSbS (Ni_2SbS_2 oder NiS_2 + NiSb).

Die Fundorte sind in Schweden, in Steiermark, im Harz, im Westerwald, im Voigtlande und im Siegenschen.

Sulfantimonite.

Als Sulfantimonite sind unter Anderen anzusehen: Der Berthierit, Zinkenit, Kupferantimonglanz, Bournonit, Schilfglaserz und dunkles Rothgiltigerz.

Diese Erze sind unter einander nahe verwandt; Zinkenit, Kupferantimonglanz und Bournonit krystallisiren rhombisch, Schilfglaserz monoklin und dunkles Rothgiltigerz hexagonal, in rhomboëdrischen Formen. Sie enthalten alle Antimon, Schwefel und ein oder zwei andere schwere Metalle; ihre Zusammensetzungen entsprechen folgenden Formeln:

Berthierit, Sb_2S_4Fe (SbS_4Fe oder FeS + SbS_3)
Zinkenit, Sb_2S_4Pb (SbS_4Pb oder PbS + SbS_3)
Kupferantimonglanz, $Sb_2S_4Cu_2$ (SbS_4Cu_2 oder Cu_2S + SbS_3)

Bournonit, $Sb_2S_6Pb_2Cu_2$ ($SbS_6Pb_2Cu_2$ oder $Cu_2S + 2PbS + SbS_3$)
Schilfglaserz, $Sb_2S_5Ag_2Pb_2$ (SbS_5AgPb_2)
Dunkles Rothgiltigerz, SbS_3Ag_3 (SbS_6Ag_3 oder $3AgS + SbS_3$).

Die Constitutionsformeln dieser Mineralien werden durch folgende Schemata dargestellt:

Berthierit, $(SbS_2)_2Fe$ oder $\begin{matrix}(SbS) - S \\ (SbS) - S\end{matrix} > Fe$,

ein Eisensalz der Säure SbS_2H;

Zinkenit, $(SbS_2)_2Pb$ oder $\begin{matrix}(SbS) - S \\ (SbS) - S\end{matrix} > Pb$,

ein Bleisalz der Säure SbS_2H;

Kupferantimonglanz, $(SbS_2)_2Cu_2$ oder $\begin{matrix}(SbS) - S \\ (SbS) - S\end{matrix} > Cu_2$,

ein Oxydulkupfersalz der Säure SbS_2H;

Bournonit, $(SbS_3)_2Cu_2Pb_2$ oder $\begin{matrix} & S - \\ Sb & - S - \\ & S - \\ & S - \\ Sb & - S - \\ & S - \end{matrix} \begin{matrix} > Pb \\ \\ > Cu_2, \\ \\ > Pb \end{matrix}$

ein Oxydulkupfer- und Bleisalz der Säure SbS_3H_3;

Dunkles Rothgiltigerz, SbS_3Ag_3 oder $Sb \begin{matrix} - S - Ag \\ - S - Ag. \\ - S - Ag \end{matrix}$

Das letztere Erz wollen wir etwas genauer kennen lernen.

Das dunkle Rothgiltigerz bildet meist säulenförmige Krystalle, auch kommt es derb und eingesprengt vor. Es hat ein spec. Gewicht gleich 5,75—5,85, die Härte gleich 2—2,5 und ist tief roth bis schwarzgrau gefärbt; es giebt einen rothen Strich, hat einen metallartigen Diamantglanz und ist kantendurchscheinend bis undurchsichtig.

Es decrepitirt beim Erhitzen, schmilzt hierauf und liefert ein braunrothes Sublimat von Schwefelantimon; beim Rösten entwickelt es Antimondampf. Mit Soda auf Kohle geglüht, giebt es einen weissen Beschlag und ein reines weisses Silberkorn.

Salpetersäure schwärzt es zuerst, dann löst sie es unter Abscheidung von Schwefel auf. Alkalien lösen Schwefelantimon daraus auf und lassen schwarzes Schwefelsilber zurück.

Die Fundorte sind ziemlich zahlreich; wichtig sind Andreasberg, Freiberg, Joachimsthal, Kongsberg und einige amerikanische Fundorte.

Eine Verbindung von dunklem Rothgiltigerz mit Schwefelsilber ist das Sprödglaserz; seine Zusammensetzung entspricht der

Formel $SbS_3Ag_3 + Ag_3S$ ($SbS_6Ag_3 + 2AgS$ oder $5AgS + SbS_3$).

Sulfarsenite.

Lichtes Rothgiltigerz, Arsensilberblende, ist isomorph mit dem dunklen Rothgiltigerz, und stimmt in vielen Eigenschaften mit diesem überein; seine Farbe ist cochenilleroth.

Es enthält Arsen, Silber und Schwefel, hat die Formel AsS_3Ag_3 (AsS_6Ag_3 oder $3AgS + AsS_3$) und ist das Silbersalz der Säure AsS_3H_3, welche in ihrer Constitution mit der Säure SbS_3H_3 übereinstimmt. Auch die chemischen Eigenschaften des lichten Rothgiltigerzes sind denen des dunklen ähnlich. Beim Erhitzen auf Kohle entwickelt sich dagegen Knoblauchgeruch.

Seine Fundorte sind: Freiberg, Annaberg, Schneeberg, Marienberg, Johanngeorgenstadt, Joachimsthal, Wolfach und Wittichen im Schwarzwald, Markirch im Elsass und einige Orte in Spanien, Mexico, Chile und Peru.

Sulfantimoniate und Sulfarseniate.

Die wichtigsten und interessantesten Verbindungen dieser Art sind die Fahlerze.

Man unterscheidet drei Gruppen von Fahlerzen, die Antimonfahlerze, die Arsenfahlerze und die Antimonarsenfahlerze.

Die Fahlerze krystallisiren regulär, meistens in hemiëdrischen Formen und die mannigfaltigsten Combinationen bildend; auch sind Zwillingskrystalle nicht selten. Häufiger kommen die Fahlerze derb und eingesprengt vor. Ihr spec. Gewicht schwankt zwischen 4,3 und 5,4; ihre Härte zwischen 3 und 4; ihre Farbe ist stahlgrau, bleigrau oder schwärzlich bleigrau.

Die charakteristischen Bestandtheile der Fahlerze sind Antimon oder Arsen und Schwefel, und ein anderes Metall, z. B. Eisen, Kupfer, Blei, Zink, Silber oder Quecksilber.

Von allen Erzen oder schwere Metalle enthaltenden Mineralien bieten die Fahlerze die grösste Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung dar. Die Ableitung einer chemischen Formel aus den Resultaten der Analysen ist deshalb bei ihnen mit grösserer Schwierigkeit verbunden, als bei den meisten anderen Mineralien. Diejenige Formel, welche der procentischen Zusammensetzung der Fahlerze am meisten entspricht, ist die allgemeine Formel:

$$\overset{II}{R}_3 \overset{III}{R}_2 S_6,$$

worin $\overset{II}{R}$ das Atom eines der zweiwerthigen Metalle Eisen, Kupfer, Blei, Zink oder Quecksilber, oder auch des einwerthigen Silbers, $\overset{III}{R}$ dagegen ein Atom Arsen oder Antimon bedeuten kann.

Ein reines Antimonkupferfahlerz hat danach die Formel

$$(SbS_4)_2 Cu_3,$$

ein reines Arsenkupferfahlerz die Formel

$$(AsS_4)_2 Cu_3.$$

Diese beiden Verbindungen sind isomorph und können demnach in wechselnden Verhältnissen mit einander krystallisiren und so complicirt zusammengesetzte Mineralien liefern.

Die Antimonfahlerze enthalten ausser Antimon und Schwefel in der Regel Eisen, Kupfer, Zink und Silber, die Arsenfahlerze ausser Arsen und Schwefel Eisen, Kupfer und Blei (in vielen fehlt das Blei), selten Zink, während eine Anzahl von Arsen-Antimonfahlerzen ausser den genannten Elementen noch Quecksilber und in der Regel kein Blei enthält.

Die Antimonfahlerze geben beim starken Erhitzen ein rothes Sublimat von Schwefelantimon und Antimonoxyd, beim Rösten Antimonoxyd und schweflige Säure; auf Kohle erhitzt, geben sie weissen Antimonbeschlag, weissen, in der Hitze gelben Zinkbeschlag und schmelzen zu grauen Kugeln, welche die Reactionen von Kupfer und Eisen zeigen. Salpetersäure zersetzt die fein pulverisirten Fahlerze und scheidet Antimonsäure und Schwefel ab. Königswasser löst sie auf; silberhaltige Fahlerze lassen hierbei Chlorsilber ungelöst; auch Kalilauge greift sie an und löst Schwefelantimon auf, welches aus der alkalischen Lösung durch Säuren wieder gefällt wird.

Arsenfahlerze geben, im Röhrchen erhitzt, gelbes Sublimat von Schwefelarsen, beim Rösten Arsenigsäureanhydrid und schweflige Säure; auf Kohle erhitzt, liefern sie graue Kugeln, die auf Kupfer und Eisen reagiren, während unter Verbreitung von Knoblauchgeruch Arsenigsäureanhydrid verdampft.

Arsen-Antimonfahlerze geben die Reactionen der beiden vorhergehenden.

Quecksilberhaltige Fahlerze liefern bisweilen schon beim Erhitzen im Röhrchen ein grauschwarzes Sublimat von Schwefelquecksilber; mit Soda erhitzt liefern sie alle Sublimate von metallischem Quecksilber.

Die Fundorte der Fahlerze sind sehr zahlreich.

Man unterscheidet unter anderen als besondere Varietäten den Tennantit (von Redruth in Cornwall), der kupfer- und eisenhaltiges Arsenfahlerz ist, und Kupferblende (von Freiberg),

die zinkhaltiges Arsenfahlerz ist und deshalb auch Zinkfahlerz genannt wird.

C. Oxyde.

Einfache Oxyde und Oxydhydrate.

Opal.

Der Opal ist amorphe Kieselsäure mit wechselndem Wassergehalt. Er besitzt einen muscheligen Bruch; die Bruchfläche glänzt wie Harz. Der Opal kommt in sehr verschiedenen Graden der Reinheit vor, mit welchen ein sehr verschiedenartiges Aussehen verbunden ist.

Der edle Opal hat eine milchblaue Farbe, aus den trübe erscheinenden Massen leuchten die schönsten Regenbogenfarben, insbesondere Grün, Roth und Blau hervor. Er ist wegen seines herrlichen Aussehens ein geschätzter Edelstein. Einige Varietäten sind ganz matt und undurchsichtig und zeigen nur wenig Farbenspiel, werden aber beim Liegen im Wasser durchsichtig und erhalten einen prächtigen Farbenglanz (Lapis mutabilis oder oculis mundi).

Auch Hydrophan ist eine Varietät des edlen Opal, jedoch ganz ohne Farbenspiel, ebenso Tabaschir, eine in den Knoten des Bambusrohrs sich absetzende Substanz.

Hydrophan erlangt ein Farbenspiel durch Einlegen in Wasser oder Kochen in Oel; jedoch verschwindet dasselbe ziemlich rasch wieder.

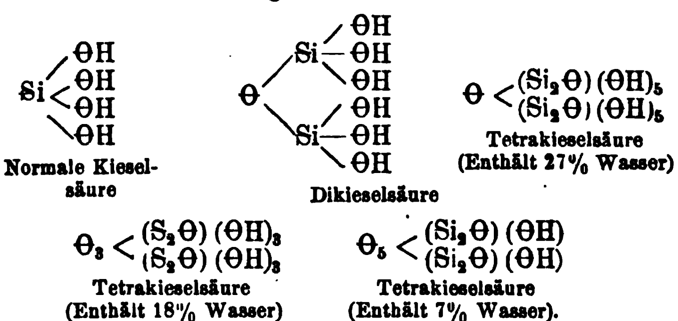
Gemeiner Opal, durch eine grosse Anzahl von Uebergangsstufen mit dem edlen Opal verbunden, kommt in sehr verschiedenen Farben und mit sehr verschiedenem Aussehen vor. Man unterscheidet unter Anderen folgende Varietäten des gemeinen Opals: Feueropal, hyacinthroth, honiggelb bis weingelb, stark glänzend und durchsichtig; Halbopal oder Holzopal, weiss, grau, gelb, roth, braun bis schwarz, Jaspopal, blut- bis ziegelroth, Chloropal, zeisiggrün, welche sämmtlich am häufigsten derb, eingesprengt oder in Trümmern sich finden.

Hyalith, mit seinem glasartigen Aussehen, ist ebenfalls amorphe Kieselsäure und deshalb unter die Opale zu rechnen. Er bildet kleintraubige Ueberzüge von grosser Klarheit.

Ebenso sind Kieselsinter, welcher an den heissen Quellen Islands sich ablagert, Perlsinter, von St. Flora in Toscana,

Kieselguhr von Reikianes in Südisland, sowie Kieseltuff vom Geysir in Island Varietäten von Opal.

Die Opale haben in der Regel ein spec. Gewicht gleich 2,2. Sie enthalten Silicium, Sauerstoff und Wasserstoff und entsprechen ihre Zusammensetzungen den Formeln complicirter Polykieselsäuren. Die folgenden Schemata mögen über die Constitution derartiger Polykieselsäuren Aufschluss geben:



Die Opale sind in siedender Kalilauge und in wässriger Fluorwasserstoffsäure leicht löslich.

Die Fundorte der Opale sind sehr zahlreich. Die Opale kommen meist eingesprengt oder in Trümmern, seltener in Nestern, Schnüren oder Lagern vor. Bei Czerwenitza zwischen Kaschau und Eperies kommt edler Opal in Nestern und Schnüren auf einem grauen Trachyt-Tuff vor; in Hubertusburg in Sachsen im schieferigen Thongestein; auch von Guatemala kommen schöne Opale.

Polirschiefer und Tripel sind ebenfalls unter die Opale zu rechnen, können übrigens, da sie wie Kieselguhr zum grössten Theil aus Kieselpanzern von Diatomeen bestehen, auch als Fossilien angesehen werden.

Chalcedone.

Die Chalcedone sind Gemenge von krystallisirter und amorpher Kieselsäure; bei einigen Varietäten, z. B. den Achaten, ist die Natur als Gemenge durch die äussere Beschaffenheit sehr kenntlich gemacht.

Die verschiedenen Varietäten der Species Chalcedon sind:

Ungestreifter Chalcedon, nierförmige, traubige, zapfenförmige Gestalten bildend;

Gestreifter Chalcedon, Achat, grosse bis centnerschwere Kugeln, aus concentrischen Schichten bestehend, bildend;

die verschiedenen Schichten scheinen sich successive durch Niederschlagung von Kieselsäure gebildet zu haben, und zwar sind vermuthlich die inneren Schichten die jüngeren, daher sich häufig auch Höhlungen im Inneren oder doch wenigstens röhrenförmige Zugänge zu den Centren der Massen finden, durch welche kieselsäurehaltige Flüssigkeit eingedrungen sein muss; sehr häufig sitzen in den Höhlungen der Achate Amethyste, welche die Zugänge verstopft haben und sich demnach zuletzt gebildet haben müssen. Die einzelnen Sorten Achate sind u. A. Regenbogenachat von Weisselberg bei Oberkirchen, Bandachat von Schlottwitz in Sachsen, und Trümmerachat;

Onyx, durch künstliche Behandlung von besonderer Schönheit der Farbe; wird hauptsächlich zur Herstellung von Cameen verwandt.

Carneol, gelblichroth von Farbe, durch Eisenoxyd gefärbt.

Jaspis, ein dichter, durch Eisenoxyd intensiv ziegelroth gefärbter Stein, dessen einzelne Sorten man als Gemeiner Jaspis, Kugeljaspis, Bandjaspis, Achatjaspis unterscheidet.

Der Jaspis hat muscheligen Bruch, ist matt und undurchsichtig.

Feuerstein oder Flint, der in Knollen im Kalkgebirge lagert, oder als Versteinerungsmaterial weite Lager bildet. Er ist leicht zersprengbar zu äusserst scharfkantigen Stücken, hat eine graulichweisse bis rauchgraue Farbe, zuweilen gelblichweiss, wachsgelb oder braun, manchmal auch roth und buntfarbig; er ist schwach glänzend und durchscheinend bis kantendurchscheinend;

Chrysopras, im Serpentin von Schlesien, ein apfelgrüner, durch Nickeloxydul gefärbter Stein;

Hornstein, der in dichten derben Massen zuweilen als Versteinerungsmaterial vorkommt und eine graue, grüne, rothe oder braune Farbe hat.

Quarz.

Quarz oder Quartz, krystallisirtes Kieselsäureanhydrid, in hexagonalen, jedoch niemals holoëdrischen Formen. Der Quarz findet sich in sehr zahlreichen Varietäten, und zwar sind die wichtigsten folgende:

Bergkrystall, der stets krystallisirt, manchmal in riesiggrossen Exemplaren, vorkommt, so namentlich in den sogenannten Krystallhöhlen der Alpen, wo er sich sowohl in durchsichtigen wasserhellen Exemplaren findet, als auch in graulichweissen bis rauchgrauen Krystallen als Rauchtopas; manchmal ist er gelblich (Citrin) oder pechschwarz (Morian); meistens umschliesst

er kleine Krystalle anderer Mineralien, so z. B. von Turmalin, Epidot, Antimonglanz, hier und da auch eine Flüssigkeit (flüssige Kohlensäure).

Die Fundorte des Bergkrystalls sind die Schweizer, Tyroler und Französischen Alpen, Ungarn, Carrara, Jerischau in Schlesien.

Amethyst, ein durch Mangan violettblau, pflaumenblau, wie durch andere Beimengungen nelkenbraun, perlgrau oder grünlichweiss gefärbter Quarz, der sich in zu Drusen verbundenen stängeligen, mit Krystallenden versehenen Aggregaten findet.

Gemeiner Quarz, der sich krystallisirt, aber auch derb und eingesprengt findet und je nach seiner Farbe verschiedene Namen führt, als Rosenquarz, röthlichweiss bis rosenroth; Milchquarz, milchweiss; Siderit, indig- bis berlinerblau; Katzenauge, grünlichweiss bis olivengrün; Avanturin, gelb, roth oder braun.

Der Quarz hat ein spec. Gewicht gleich 2,6, welches in den verschiedenen Varietäten kleinen Schwankungen unterworfen ist. Er enthält Silicium und Sauerstoff, in der Regel aber noch kleine Mengen färbender Nebenbestandtheile, unter Anderen auch organische Substanzen.

Der Quarz ist in Fluorwasserstoffsäure und Kalilauge viel schwerer löslich als Opal und Chalcedon.

Tridymit.

Der Tridymit ist ein durch seine vorzüglichen Zwillings- und Drillingsbildungen ausgezeichnetes Mineral, welches erst neuerdings entdeckt worden ist. Er krystallisirt hexagonal und findet sich nur in sehr kleinen Krystallen in den Klüften trachytischen Gesteins vom Berge San Cristobal bei Pachuca in Mexico und neben Quarz in Drusenräumen der Trachytes von Mont Dore und vom Drachenfels, sowie im trachytischen Gestein bei Alleret im Dep. Haute-Loire und am Puy Capucin. Sein Bruch ist muschelig; das spec. Gewicht gleich 2,28—2,32, also dasjenige der amorphen Kieselsäure; seine Härte gleich 7.

Der Tridymit enthält neben 96 Procent Kieselsäureanhydrid etwas Thonerde und Magnesia. Er löst sich in kochender Lösung von kohlensaurem Natron vollständig auf.

Korund.

Der Korund kommt in mehreren verschiedenen Varietäten vor und zwar als Smirgel, Sapphir und Rubin.

Er krystallisirt hexagonal, in rhomboëdrischen Formen. Die Krystalle sind eingewachsen oder lose; der Bruch ist muschelig; das spec. Gewicht gleich 3,9—4; die Härte gleich 9. Der Korund ist entweder farblos oder blau (Sapphir) oder roth (Rubin), auch grau, gelb oder braun.

Der Korund enthält Aluminium und Sauerstoff, seine Zusammensetzung entspricht der Formel $Al_2\Theta_3$ (Al_2O_3); er ist also Thonerde mit einer Beimengung von wenig Eisenoxyd oder anderen Pigmenten. Er ist unschmelzbar; mit einer Lösung von salpetersaurem Kobaltoxydul befeuchtet und geglüht, liefert er eine blaue Masse. Säuren greifen ihn nicht an; er kann nur durch Schmelzen mit Kalihydrat, Natronhydrat oder sauren schwefelsauren Alkalien aufgeschlossen werden.

Der Smirgel ist eine feinkörnige Varietät, die meist farblos, manchmal aber auch bläulichgrau bis indigblau ist.

Die Fundorte der einzelnen Varietäten sind:

Sapphir und Rubin — Ceylon, Miask und andere Orte in Russland und Sibirien;

Korund — Ceylon, China, Sibirien und Piemont;

Smirgel — am Ochsenkopf bei Schwarzenberg in Sachsen, auf Naxos, am Gumuchdagh in Kleinasien, Chester in Massachusetts.

Sapphir und Rubin sind geschätzte Edelsteine, Smirgel wird als Schleifmaterial angewendet.

Hydrargyllit.

Krystallisirt monoklin, die gewöhnlichsten Formen sind sechsseitige Tafeln; auch bildet das Mineral kugelige, radialfaserige, wawellitartige Aggregate. Sein spec. Gewicht ist gleich 2,34—2,39; seine Härte gleich 2,5—3. Er ist farblos, grünlichweiss, hellgrün, auch röthlich oder bläulich, besitzt Perlmutterglanz auf einer Fläche, Glasglanz auf den anderen und ist durchscheinend.

Er enthält Aluminium, Sauerstoff, Wasserstoff und häufig geringe Mengen von Phosphor (als Phosphorsäuresalz); seine Zusammensetzung entspricht der Formel $Al(\Theta H)_3$ ($Al_2O_3 3HO$), er ist also Thonerdehydrat.

Die Färbungen einzelner Varietäten rühren von dem Gehalte geringer Mengen anderer Metalloxyde her.

Der Hydrargyllit giebt beim Erhitzen Wasser ab, wobei er sich aufblättert, stark leuchtet und nicht schmilzt. Er giebt nach dem Befeuchten mit einer Lösung von salpetersaurem Kobaltoxydul beim Erhitzen eine blaue, unschmelzbare Masse.

Seine Fundorte sind im **Ural**, **Brasilien**, **New-York**, **Massachusetts**, **Pennsylvanien**.

Eine Varietät des Hydrargyllit ist der **Gibbsit**.

Diaspor.

Krystallisirt rhombisch, findet sich in der Regel derb, in breitstängeligen oder faserigen Aggregaten als Begleiter des Smirgels. Die Krystalle sind sehr vollkommen brachydiagonal spaltbar. Das spec. Gewicht ist gleich 3,3—3,46; die Härte gleich 6. Der Diaspor ist farblos, jedoch sehr häufig durch Beimengungen (Eisenoxyd) gelblich bis braungelb gefärbt; er besitzt einen starken Perlmutterglanz und ist durchsichtig und durchscheinend, mit ausgezeichnetem Trichroismus.

Seine Bestandtheile sind Aluminium, Sauerstoff, Wasserstoff, ferner Eisen als Oxyd, Silicium als Kieselsäure und Kalk; letztere in geringerer Menge. Die Zusammensetzung entspricht der Formel $Al\Theta_2H$ (Al_2O_3HO). Die Constitution der Verbindung wird durch das nachfolgende Schema angegeben:

$$Al\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup \Theta \\ \diagdown \Theta H.\end{matrix}$$

Beim Erhitzen decrepitirt er und zerfällt unter Wasserabgabe zu glänzend weissen Schuppen; beim Glühen, nach dem Befeuchten mit einer Lösung von salpetersaurem Kobaltoxydul, wird er blau. Säuren greifen ihn nicht an, jedoch kann er nach dem Glühen von Schwefelsäure aufgelöst werden.

Seine Fundorte sind im **Ural**, in **Ungarn**, in **Kleinasien**, auf **Naxos** und bei **Unionville** in Pennsylvanien.

Rotheisenerz.

Kommt in zwei Varietäten vor, die selbst wieder in wechselnden Formen sich finden. Die erste Varietät ist der gross und deutlich krystallisirte Eisenglanz, mit seinen verschiedenen Untervarietäten, die zweite das eigentliche Rotheisenerz, welches nur in undeutlich krystallinischen Massen vorkommt.

Eisenglanz, **Glanzeisenserz**, krystallisirt hexagonal, in rhomboëdrischen Formen und kommt in sehr mannigfaltigen Combinationen und Ausbildungen vor; Zwillinge und Durchkreuzungszwillinge sind nicht selten. Häufig findet er sich auch derb, sowie in körnigen, schaligen oder schuppigen Aggregaten. Er ist unvollkommen spaltbar, sein spec. Gewicht ist gleich 5,19—5,29; seine Härte gleich 5,5—6,5; er besitzt eine stahlgraue bis eisen-

schwarze Farbe und ist oft bunt angelaufen; der Strich ist bräunlichroth; er hat Metallglanz, ist nur in ganz dünnen Lamellen durchscheinend und ist schwach magnetisch.

Er enthält Eisen als Oxyd und in geringer Menge als Oxydul, sowie etwas Magnesia; seine Zusammensetzung entspricht der Formel $Fe_2\Theta_3$ (Fe_2O_3).

Er ist unschmelzbar, wird in der inneren Löthrohrflamme magnetisch und schwarz. Er löst sich nur schwer in Salzsäure und anderen Säuren auf.

Seine Fundorte sind: Elba, St. Gotthard, Framont in Lothringen, Altenberg, Reichenstein in Schlesien, viele Orte in Norwegen und Schweden, sowie einige Orte in Russland.

Als besondere Untervarietäten unterscheidet man noch Eisenglimmer, der dünnschalige oder schuppige Aggregate mit schwachem Glanze bildet, und Eisenrahm, welcher ebenfalls zarte Schuppen ohne Glanz bildet, stark abfärbend und fettig anzufühlen ist.

Rotheisenerz ist nur undeutlich krystallinisch bekannt, und kommt in zu stalaktitartigen, traubigen, nierförmigen Gebilden verbundenen faserigen Aggregaten vor; findet sich auch in einer grossen Anzahl von Pseudomorphosen. Sein spec. Gewicht ist gleich 4,5—4,9; seine Härte gleich 3—5; seine Farbe dunkelroth, braunroth, oft bis stahlgrau; Strich ist blutroth; es besitzt einen sehr schwachen Glanz, häufig ist es ganz matt; nur sehr schwach magnetisch. Zusammensetzung und chemische Eigenschaften sind die des Eisenglanzes.

Man unterscheidet folgende Untervarietäten: Rother Glaskopf, mit faseriger Structur und schwach metallglänzenden Absonderungsflächen; Dichtes Rotheisenerz, derb und eingesprengt, mit flachmuscheligem bis ebenem Bruch, von bräunlichrother bis stahlgrauer Farbe (Martit); Ockeriges Rotheisenerz (Eisenocker), eine blutrothe bis bräunlichrothe, erdige, feste oder zerreibliche Masse. Ausserdem sind die Thoneisensteine, Kieseleisensteine, sowie der Röthel Varietäten von Rotheisenerz. Die Fundorte sind sehr zahlreich; meist kommen die verschiedenen Varietäten mit einander vor.

Aus diesen Eisenerzen wird eine grosse Menge metallischen Eisens gewonnen.

Brauneisenerz.

Bildet krystallinische Massen von faseriger Structur, welche zu kugeligen, traubigen, nierförmigen und stalaktitischen Gebilden vereinigt sind (Bohnerz), besonders häufig in Pseudomorphosen auftretend. Der Bruch ist faserig; das spec. Gewicht ist gleich

3,4—3,95; die Härte gleich 5—5,5; die Farbe braun, gelb, ockergelb oder schwärzlichbraun.

Seine Bestandtheile sind Eisen (als Oxyd), Sauerstoff, Wasserstoff, Silicium (als Kieselsäure), Phosphor (als Phosphorsäure), letztere nicht immer und in geringer Menge, häufig auch Kalk, kohlensaure alkalische Erden, sowie Thonerde. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $Fe_4Θ_3(ΘH)_6$ ($2Fe_2O_3 + 3HO$); die Constitution wird durch das folgende Schema dargestellt:

$$(ΘH)_2 = Fe — Θ — Fe(ΘH) — Θ — Fe(ΘH) — Θ — Fe = (ΘH)_2.$$

Die Verbindung ist also als ein Eisenoxydhydrat anzusehen, das entstanden ist, indem vier Molecüle Eisenoxydhydrat drei Molecüle Wasser abgegeben haben. Der Brauneisenstein giebt beim Erhitzen Wasser ab und färbt sich roth; dünne Splitter schmelzen in der Löthrohrflamme zu magnetischen Massen. Er löst sich in Salzsäure auf.

Man unterscheidet als besondere Varietäten faseriges, ockeriges und dichtes Brauneisenerz.

Die Fundorte sind sehr zahlreich und kommen in der Regel alle drei Varietäten mit einander vor.

Der Brauneisenstein wird zur Gewinnung des Eisens benutzt.

Raseneisenerz, Stilpnosiderit, Turgit.

Diese drei Mineralien bilden amorphe oder undeutlich krystallinische, nierförmige, stalaktitische oder knollige Massen von muscheligem Bruch, und gelblichbrauner, röthlichbrauner bis pechschwarzer Farbe und fettglänzender oder matter Oberfläche. Ihre Zusammensetzung ist der des Brauneisenerzes ähnlich, mit dem sie auch in ihrem chemischen Verhalten übereinstimmen.

Das Raseneisenerz, mit den Varietäten Morasterz und Sumpferz, findet sich in den grossen Niederungen des Flachlandes, unter Wiesen oder im Moorgrund und enthält meist organische Beimengungen.

Göthit.

Göthit, Pyrrhosiderit, Nadeisenerz, Rubinglimmer, krystallisirt rhombisch und findet sich in säulenförmigen oder nadelförmigen oder spiesigen Krystallen; er ist isomorph mit Diaspor. Die Krystalle sind klein und büschelförmig gruppirt oder zu Drusen vereinigt, bisweilen im Bergkrystall eingewachsen; auch findet sich der Göthit in nierförmigen Massen von faseriger oder stengelig-körniger Structur. Sein spec. Gewicht ist gleich 3,8—4,2;

seine Härte gleich 5—5,5; seine Farbe gelblichbraun, röthlichbraun bis schwärzlichbraun; sein Strich hellbraun.

Der Göthit enthält Eisen (als Oxyd), Sauerstoff, Wasserstoff als wesentliche, Mangan, Silicium (als Kieselsäure), Phosphor (als Phosphorsäure) und Kupfer, als unwesentliche, nicht constante Bestandtheile. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $Fe\Theta_2H$ ($Fe_2O_3 + HO$) und seine Constitution wird durch das nachfolgende Schema dargestellt:

$$(Fe = \Theta) - (\Theta H),$$

ist also Eisenoxydhydrat minus ein Molecül Wasser.

Der Göthit verhält sich in chemischer Beziehung wie das Brauneisenerz.

Die Fundorte sind weniger zahlreich; L'ortwithiel in England, Amberg in Bayern, Eiserfeld im Siegenschen, Oberkirchen im Westerwald, Maryland, Beresow, Californien, Oregon und andere.

Andere Oxyde und Oxydhydrate.

Braunit. Tetragonal krystallisirt, meist in körnigen Aggregaten vorkommend, eisenschwarz bis braun, mit metallartigem Fettglanz. Enthält Mangan und Sauerstoff, sowie etwas Eisenoxyd, Kalk und wenig Wasser; seine Zusammensetzung entspricht der Formel $Mn_2\Theta_3$ (Mn_2O_3). Er ist unschmelzbar, giebt beim Erhitzen Sauerstoff ab und löst sich in Salzsäure unter Chlorentwicklung. Er findet sich bei Elgerburg, Oehrenstock, Ilfeld, St. Marcel.

Manganit, Graubraunsteinerz, krystallisirt rhombisch in mannigfaltigen Combinationen; die Krystalle sind säulenförmig; auch kommt der Manganit derb, in stengeligen oder faserigen Aggregaten vor. Er ist braun bis schwarz, manchmal bunt angelaufen; der Strich ist braun. Seiner Zusammensetzung nach kommt ihm die Formel $Mn\Theta_2H$ ($Mn_2O_3 + HO$) zu. Er ist analog constituirt wie Göthit und Diaspor. Sein chemisches Verhalten gleicht dem des Braunits, nur giebt er beim Erhitzen Wasser ab.

Seine Fundorte sind im Thüringer Wald, Schweden und Norwegen, sowie im Harz.

Pyrolusit, Graubraunsteinerz, Weichmanganerz, krystallisirt rhombisch; die Krystalle sind gewöhnlich kurze Säulen; häufiger findet er sich in Form traubiger Aggregate von radialfaseriger oder stengeliger Structur, auch derb und eingesprengt, sowie in zahlreichen Pseudomorphosen. Sein spec. Gewicht ist gleich 4,7—5; seine Härte gleich 2—2,5; seine Farbe stahlgrau bis eisenschwarz.

Er enthält Mangan und Sauerstoff. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $Mn\Theta_2$ (MnO_2), er ist also Manganhyperoxyd. Mit mehr oder weniger bedeutenden Mengen von Eisenverbindungen verunreinigt, kommt der Pyrolusit unter dem Namen Braunstein in den Handel. Auch Salze, welche sich durch Wasser ausziehen lassen, wie Chlornatrium, sind im Braunstein enthalten, ebenso kohlensaurer Kalk und Magnesia.

Die chemischen Eigenschaften des Pyrolusits gleichen denen des Braunits.

Die Fundorte des Braunsteins sind: Johanngeorgenstadt, Raschau, Platten, Arzberg, Horhausen, Eiserfeld, Ilfeld, Ilmenau u. a. O.

Kobaltmanganerz, schwarzer Erdkobalt, ist amorph und kommt in traubigen, stalaktitischen Gebilden von muscheligem Bruch und blauschwarzer Farbe, sowie derb und eingesprengt vor. Er enthält Mangan, Kobalt und Sauerstoff als Hauptbestandtheile, Kupfer, Thonerde, Kieselsäure, Baryt, Kalk und Kali, sowie Eisen als untergeordnete, nicht constante Bestandtheile oder Beimengungen. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $Mn_2\Theta_5Co + 4H_2\Theta$ ($CoO + 2MnO_2 + 4HO$). Ein Theil des Kobalts kann durch Kupfer ersetzt sein.

Der schwarze Erdkobalt giebt beim Erhitzen Wasser ab; mit Soda geschmolzen, giebt er die Reactionen von Mangan und Kobalt. Salpetersäure löst ihn unter Chlorentwicklung auf.

Brauner und gelber Erdkobalt sind Varietäten des Kobaltmanganerzes.

Die Fundorte sind Camsdorf, Saalfeld, Riechelsdorf und Glücksbrunn.

Die drei erst beschriebenen Manganerze werden im Grossen zur Chlorbereitung, sowie in der Glastechnik angewendet; der schwarze Erdkobalt neben anderen Kobalterzen in der Blaufarbenfabrikation.

Rothzinkerz, krystallisirt hexagonal; ist ein durch Manganoxyd blutroth bis hyacinthroth gefärbtes Zinkoxyd.

Rothkupfererz, krystallisirt regulär; ist Kupferoxydul.

Bleiglätte, ähnlich der künstlichen, ist Bleioxyd.

Mennige, ähnlich der künstlichen, ist Bleioxydhyperoxyd $Pb_3\Theta_4$ (Pb_3O_4).

Zinnerz, krystallisirt quadratisch, in mannigfaltigen Combinationen, hat ein spec. Gewicht gleich 6,8—7, eine Härte gleich 6—7 und ist farblos oder gelblich- bis röthlichbraun, auch dunkelbraun, schwarz, sowie grau, selten schön hyacinthroth. Es ist ein mit Eisenoxyd vermengtes Zinnoxyd $Sn\Theta_2$ (SnO_2).

Es findet sich in England, Sachsen, Böhmen, Spanien, in der Bretagne, sowie auf der Insel Banka. Seine Anwendung

zur Darstellung des metallischen Zinns verschafft ihm einen grossen Werth.

Uranpecherz ist scheinbar amorph, bildet körnige Aggregate, ist pechschwarz bis grau, mit einem Stich ins Grüne. Es ist im Wesentlichen Uranoxydoxydul $U_3\Theta_4$ (U_3O_4) oder $(U\Theta_2)_2U$.

Antimonblüthe, Weissspiessglanzerz, krystallisirt rhombisch; in Säulen oder Nadeln, die büschelförmig oder sternförmig gruppirt sind, kommt aber auch derb und eingesprengt vor. Es ist Antimonoxyd, $Sb_2\Theta_3$ (SbO_3), und isomorph mit Arsenigsäureanhydrid.

Senarmontit, ist regulär krystallisirtes Antimonoxyd und bildet ziemlich grosse, oft etwas krummflächige Krystalle, kommt aber auch derb und eingesprengt vor.

Arsenikblüthe, krystallisirt regulär, ist mit Senarmontit isomorph und findet sich in krystallinischen Krusten, sowie als haarförmiger, flockiger oder mehliger Anflug. Sie ist Arsenigsäureanhydrid, $As_2\Theta_3$ (AsO_3).

Wismuthocker, Molybdänocker und Wolframocker, sind kryptokrystallinische Oxyde von Wismuth, Molybdän und Wolfram; ihre Zusammensetzungen entsprechen den Formeln $Bi_2\Theta_3$ (BiO_3), $Mo\Theta_3$ (MoO_3), $W\Theta_3$ (WO_3). Sie sind alle drei sehr selten.

Spinellgruppe.

Als Spinellgruppe bezeichnen wir eine Gruppe von Mineralien, die sowohl bezüglich ihrer chemischen Constitution wie in mineralogischer Hinsicht grosse Aehnlichkeit mit einander haben. Die interessantesten Glieder dieser Gruppe sind Spinell, Magneteisen, Chromeisenstein, Franklinit und Hausmannit. Diese Mineralien haben mit Ausnahme des quadratischen Hausmannits reguläre Krystallform und sind unter einander isomorph. Sie bilden in der Regel Octaëder mit Würfelflächen und kommen hier und da auch in Zwillingen vor. Sehr schön krystallisirt, mit vorherrschendem Octaëder findet sich der Spinell, Chromeisen nur in Octaëdern, jedoch meist derb und eingesprengt; während Magneteisen und Franklinit, sowohl krystallisirt als auch derb und eingesprengt sowie in körnigen Aggregaten, häufig sich finden. Im äusseren Habitus gleicht der Hausmannit den anderen Gliedern der Spinellgruppe. Er bildet in der Regel quadratische Octaëder.

Das spec. Gewicht ist schwankend, 3,5—4,1 (Spinell), 4,9—5,2 (Magneteisen), 4,4—4,6 (Chromeisen), 5—5,1 (Franklinit), 4,7—

4,87 (Hausmannit); ebenso die Härte. Spinell ist in reinen Varietäten farblos, jedoch fast immer gefärbt, roth in verschiedenen Nüancen, ebenso blau und grün, zuweilen schwarz; Magneteisen ist eisenschwarz und hat Metallglanz, Chromeisen ist braunschwarz und hat schwachen Metallglanz, Franklinit ist eisenschwarz und hat schwachen Metallglanz, Hausmannit eisenschwarz mit starkem Metallglanz.

Die reinen Varietäten dieser Mineralien haben Zusammensetzungen, welche den folgenden Formeln entsprechen:

Spinell, $Al_2\Theta_4Mg$ ($Al_2O_3 + MgO$); $\begin{matrix}(Al=\Theta)-\Theta \\ (Al=\Theta)-\Theta\end{matrix}> Mg$,

Magneteisen, $Fe_3\Theta_4$ ($Fe_2O_3 + FeO$); $\begin{matrix}(Fe=\Theta)-\Theta \\ (Fe=\Theta)-\Theta\end{matrix}> Fe$,

Chromeisenstein, $Cr_2\Theta_4Fe$ ($Cr_2O_3 + FeO$); $\begin{matrix}(Cr=\Theta)-\Theta \\ (Cr=\Theta)-\Theta\end{matrix}> Fe$,

Franklinit, $Fe_2\Theta_4Zn$ ($Fe_2O_3 + ZnO$); $\begin{matrix}(Fe=\Theta)-\Theta \\ (Fe=\Theta)-\Theta\end{matrix}> Zn$,

Hausmannit, $Mn_3\Theta_4$ ($Mn_2O_3 + MnO$); $\begin{matrix}(Mn=\Theta)-\Theta \\ (Mn=\Theta)-\Theta\end{matrix}> Mn$.

Dieselben sind also Verbindungen, welche sich vom Diaspor, Göthit oder Manganit ableiten, indem der Wasserstoff der letzteren durch zweiwerthige Metalle wie Magnesium, Oxyduleisen, Oxydulmangan oder Zink ersetzt ist. Da die vier ersten unter einander isomorph sind und mit einander krystallisiren können, so sind die meisten Varietäten derselben Gemenge in den wechselndsten Verhältnissen. Es kommt daher vor, dass z. B. der Chlromeisenstein Mangan, Magnesia oder Oxydeisen enthält. In sehr reinen Varietäten findet sich vorwiegend das Magneteisen, weniger häufig Spinell und Franklinit, äusserst selten Chromeisen.

Die Fundorte sind zahlreich. Magneteisen kommt hauptsächlich vor im Talkschiefer, Basalt, Serpentin oder Granit in Schweden, am Ural sowie an einigen Orten in Sachsen und Böhmen; Chromeisenstein in Steiermark, österreichische Militärgrenze, Norwegen, am Ural sowie an mehreren Punkten in Nordamerika.

III. Haloidsalze.

Haloidsalze der leichten Metalle.

Steinsalz.

Das Steinsalz krystallisirt regulär, fast ausnahmslos in Würfeln. Es hat drei ganz gleiche Spaltungsrichtungen; der Bruch ist muschelig, wenig spröde; sein spec. Gewicht ist gleich 2,25; seine Härte gleich 2. Das Steinsalz ist in der Regel farblos, häufig ist es aber grau durch beigemengten Thon oder röthlich durch Eisenoxyd, manchmal auch durch organische Substanzen (Cardona in Catalonien und Berchtesgaden), seltener violett oder blau (Hallein). Manchmal enthält das Steinsalz gasförmige Einschlüsse (Wasserstoff und gasförmige Kohlenwasserstoffe), z. B. das Knistersalz von Wieliczka. Wenn man kleine Stücke dieses Steinsalzes in Wasser wirft, beobachtet man von Zeit zu Zeit ein ziemlich starkes, knisterndes Geräusch, was davon herrührt, dass die gasförmigen Einschlüsse ihre Hülle zersprengen. Zerschlägt man ein Stück Knistersalz, so bemerkt man einen eigenthümlichen, den Kohlenwasserstoffen zukommenden Geruch. Das Steinsalz ist in hohem Grade diatherman. Das gewöhnliche Steinsalz enthält Natrium und Chlor und hat die Formel $NaCl$, sehr häufig sind ihm jedoch andere Salze beigemengt, namentlich Chlorkalium und Chlormagnesium.

Das Steinsalz ist sehr verbreitet in der Natur und bildet an einigen Orten bedeutende Lager und Gebirgstöcke; auch kommt es als Efflorescenz der Erdoberfläche vor; so sind weite Landstriche am kaspischen Meere, in Afrika und in Chile mit ausgewittertem Steinsalz bedeckt.

Bei Berchtesgaden und bei Hall kommt das Steinsalz in Begleitung von rothem Thonmergel vor, wie es denn stets neben Salzthon und Anhydrit sich findet. Letzterer durchzieht das Steinsalz in Schnüren und Adern von sehr verschiedener Dicke. Es unterliegt keinem Zweifel, dass das Steinsalz sich durch Verdunstung von Kochsalzlösungen gebildet hat. Das todte Meer bietet uns ein Beispiel, wie durch Eintrocknen von salzhaltigem Wasser Steinsalzlager sich bilden können, da dort noch fortwährend Steinsalz während der heissen Jahreszeit sich abscheidet. Auch der Eltonsee an der unteren Wolga ist in dieser Beziehung interessant. Während der heissen Jahreszeit trocknet dieser kleine seichte See fast vollständig ein und hinterlässt eine Schicht festen Salzes, welches gesammelt wird und eine bedeutende Menge ausmacht;

ein kleiner, 4 Procent Kochsalz enthaltender Fluss liefert das Wasser und führt das Kochsalz herbei; im Herbst und Winter scheidet sich ebenfalls Kochsalz ab, aber dieses ist reicher an Chlormagnesium als das im Sommer gewonnene, welches in der Regel nicht mehr als 1 Procent fremder Salze enthält.

Höchst interessant ist der grosse 170 Meter hohe Salzberg bei Cardona in Catalonien, an welchem das Steinsalz unmittelbar zu Tage tritt und der aus der Ferne einem Gletscher gleicht. Unterirdische Salzstöcke sind häufiger. Die berühmtesten sind die von Wieliczka am Rande der Karpathen bei Krakau; an einzelnen Stellen ist das Steinsalz in diesem Lager 350 Meter mächtig.

Sehr mächtig sind die Steinsalzlager von Berchtesgaden und Hallein im Salzkammergut, welche sich bis in den Kanton Waadt in der Schweiz hinziehen. Bei Friedrichshall am unteren Neckar, sowie bei Hall am Kocher sind bedeutende Steinsalzlager. Die erst in neuester Zeit entdeckten riesigen Lager von Steinsalz bei Stassfurt scheinen dazu bestimmt zu sein, die ausgiebigste Fundgrube für Steinsalz abzugeben. In Nordamerika sind die Steinsalzlager am Ohio von besonderer Wichtigkeit. Auch als Product vulkanischer Thätigkeit findet sich Steinsalz.

Sylvin.

Der Sylvin findet sich als Sublimat in Vulkanen. Er ist isomorph mit Steinsalz und ist reines Chlorkalium, KCl. Sehr schöne Krystalle von Sylvin (Hövelit) kommen in Stassfurt vor, wo er in farblosen, durchsichtigen, manchmal rothen oder blauen, durchscheinenden Massen den wesentlichsten Bestandtheil des sogenannten Abraumsalzes ausmacht.

Salmiak.

Der Salmiak krystallisirt regulär und vorwiegend in Ikositetraëdern und Hexakisoctaëdern; meistens dagegen bildet er krystallinische Krusten oder Stalaktiten. Der Salmiak ist zäh, sein Bruch ist muschelig; sein spec. Gewicht gleich 1,5 — 1,6; seine Härte 1,5—2; er ist farblos, jedoch auch häufig gelb bis braun gefärbt. Er findet sich als Product vulkanischer Thätigkeit als Efflorescenz der Lava, sowie in Klüften und Spalten vulkanischer Krater. Bei Kohlen- und Erdbränden sublimirt er.

Carnallit.

Der Carnallit krystallisirt rhombisch; er findet sich auf Lagern, derb und in grosskörnigen Aggregaten; der Bruch ist muschelig, sein spec. Gewicht gleich 1,6; er ist in reinem Zustand farblos; da ihm jedoch in der Regel Eisenglimmer oder Göthit in Gestalt kleiner Schuppen beigemengt ist, erscheint er röthlich; er besitzt einen schönen Glanz; ist optisch zweiaxig. Seine Bestandtheile sind Magnesium, Kalium, Chlor und Wasser, und seine Zusammensetzung entspricht der Formel, $MgCl_2 + KCl + 6H_2\Theta$ ($2MgCl + KCl + 12HO$). Er ist an feuchter Luft zerfliesslich; beim Erhitzen schmilzt er zuerst, giebt dann Wasser und schliesslich auch Salzsäure ab; es bleibt ein in Wasser nicht mehr vollständig löslicher Rückstand.

In den Abraumsalzen des Stassfurter Salzlagers findet sich Carnallit in grosser Menge; er wird dort gesammelt und in den Handel gebracht; auch bei Kalusz in Galizien sowie bei Maman in Persien findet sich Carnallit.

Tachyhydrit.

Tachyhydrit, Tachydrit, krystallisirt hexagonal, in hemiëdrischen Formen und kommt in Form dichter, rundlicher Massen im Anhydrit vor. Er ist wachsgelb bis honiggelb, durchsichtig bis durchscheinend und optisch einaxig. Er enthält Magnesium, Calcium, Chlor und Wasser, und seine Zusammensetzung entspricht der Formel $2MgCl_2 + CaCl_2 + 12H_2\Theta$ ($2MgCl + CaCl + 12HO$). Er zerfliesst an feuchter Luft, schmilzt beim Erhitzen zuerst, giebt dann Wasser und Salzsäure ab und hinterlässt einen in Wasser nicht ganz löslichen Rückstand.

Fluoride.

Flussspath.

Der Flussspath, Fluorit, krystallisirt regulär und kommt in grossen, sehr gut ausgebildeten Krystallen vor. Besonders häufig ist die Combination von Octaëder mit Würfel, sowohl mit vorherrschenden Octaëderflächen, als auch mit vorherrschenden Würfelflächen. Nicht selten sind Zwillingskrystalle. Der Fluorit findet sich dagegen auch derb in grosskörnigen und stengeligen Aggregaten sowie als dichte und erdige Masse. Er ist sehr voll-

kommen in den Richtungen der Octaëderflächen spaltbar; er hat ein spec. Gewicht gleich 3,1—3,2 und eine Härte gleich 4. Er ist farblos, manchmal ganz wasserhell, meistens jedoch gefärbt und zwar durch verschiedene Beimengungen, gelb, grün, blau, roth in verschiedenen Nuancen; er besitzt Glasglanz. Fluorit phosphorescirt, verliert aber diese Fähigkeit vollständig beim Glühen.

Der Fluorit enthält Calcium und Fluor und seine Zusammensetzung entspricht der Formel $CaFl_2$ (CaFl); er enthält in der Regel Einschlüsse von organischer Substanz. Beim Erhitzen mit der Löthrohrflamme verknistert er und schmilzt in dünnen Splittern, indem er die Löthflamme roth färbt.

Der Fluorit kommt häufig vor und findet sich auf den Zinnerzlagerstätten in Sachsen, Böhmen und England, sowie auf Silbergängen und Bleigängen. In derben Massen, Gänge bildend, kommt er bei Stollberg im Harze, Steinbach in Meiningen und zwischen Gabas und Penticosa in den Pyrenäen vor.

Der Fluorit erfährt bei metallurgischen Processen als Flussmittel Anwendung; auch wird er zur Herstellung von Email und Glasuren angewendet, sowie zur Darstellung von Flusssäure.

Kryolith.

Der Kryolith krystallisirt triklin und findet sich in der Regel in derben, körnigen Massen. Er ist spröde, hat ein spec. Gewicht gleich 2,95—2,97 und eine Härte gleich 2,5—3. Meistens ist er weiss, kommt aber auch häufig grauweiss oder röthlichgelb gefärbt vor. Er enthält Aluminium, Natrium und Fluor und seine Zusammensetzung entspricht der Formel $AlFl_3 + 3NaFl$ ($Al_2Fl_3 + 3NaFl$). Er schmilzt in der Löthrohrflamme ziemlich leicht zu weissem Email. Concentrirte Schwefelsäure löst ihn vollständig unter Entwicklung von Fluorwasserstoffsäure auf; beim Kochen mit Kalkhydrat bildet sich Fluorcalcium, welches ungelöst bleibt, und Thonerdenatron, das in Lösung geht.

Der Kryolith findet sich in mächtigen Lagern in Grönland. Er findet in der chemischen Industrie mannigfache Anwendung, vornehmlich in der Sodafabrikation.

Haloidsalze der schweren Metalle.

Chlorsilber, regulär krystallisirt, in kleinen, einzeln aufgewachsenen Krystallen, sowie derb und eingesprengt. Spec. Ge-

wicht ist gleich 5,58—6,60; Härte gleich 1—1,5; es ist grau, blau, grünlich, hat diamantartigen Fettglanz und ist durchscheinend. Es hat die Formel $AgCl$.

Die Fundorte sind Silbergänge bei Freiberg und Johanngeorgenstadt, Kongsberg, Schlangenberg am Altai, Peru, Chile, Mexico u. a. O.

Bromsilber, $AgBr$, dem Chlorsilber sehr ähnlich.

Jodsilber, krystallisirt hexagonal und findet sich gewöhnlich in dünnen Plättchen, sowie derb und eingesprengt. Es ist leicht zu pulverisiren, hat das spec. Gewicht 5,677; die Härte 1—1,5 und ist perlgrau bis grünlichgelb in vielen Nuancen, hat Fettglanz bis Diamantglanz, ist durchscheinend und optisch einaxig. Es hat nach seiner Zusammensetzung die Formel AgJ. Auf Kohle schmilzt es leicht. Von Säuren wird es nicht angegriffen. Es findet sich in Mexico, Chile und Spanien.

Quecksilberhornerz, krystallisirt quadratisch. Es ist ein gelblichweisses bis graues Mineral und hat Diamantglanz. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel Hg_2Cl_2 (Hg_2Cl), es ist also Quecksilberchlorür. Beim Erhitzen sublimirt es. Es findet sich bei Moschellandsberg in der Pfalz, sowie bei Horzowitz in Böhmen, Idria in Krain und Almaden in Spanien.

Jodmercur ist natürlich scharlachrothes Quecksilberjodid, HgJ_2 (HgJ).

Hornblei ist eine quadratisch krystallisirende Verbindung von der Formel $Pb_2C\Theta_3Cl_2$ ($PbOCO_2 + PbCl$)

$$\text{oder } C\Theta < \begin{matrix} \Theta - Pb - Cl \\ \Theta - Pb - Cl, \end{matrix}$$

die äusserst selten ist.

Atakamit krystallisirt rhombisch und ist eine lauchgrau- bis smaragdgrüne Verbindung von der Formel

$$Cu_2Cl\Theta_3H_3 \ (CuCl + 3CuOHO) \text{ oder}$$

$$Cu < \begin{matrix} Cl \\ (\Theta H) \end{matrix} + Cu < \begin{matrix} (\Theta H) \\ (\Theta H). \end{matrix}$$

Der Atakamit findet sich hauptsächlich in Bolivia.

IV. Sauerstoffsalze.

A. Nitrate.

Salpeter.

Unter Salpeter versteht man vorzugsweise den Kalisalpeter. Der Salpeter krystallisirt rhombisch, und zwar sind die Krystalle in der Regel säulenförmig gebildet; manchmal finden sich auch Zwillingskrystalle; in der Regel findet sich der Salpeter auf der Erde als flockiger und mehlartiger Anflug. Er ist brachydiagonal spaltbar; die Säulen brechen leicht quer und der Querbruch zeigt starken Fettglanz. Sein Geschmack ist scharf salzig und bitterlich kühlend; sein spec. Gewicht ist gleich 1,9—2,1; seine Härte gleich 2. Der Salpeter ist farblos, aber manchmal durch Beimengungen grau. Die Zusammensetzung des natürlichen Salpeters entspricht der Formel KNO_3 ($KONO_5$); er löst sich leicht in Wasser, schmilzt beim Erhitzen, manche Krystalle verknistern und verpuffen auf Kohle. Der nichtleuchtenden Gasflamme ertheilt er eine violette Farbe.

Die Fundorte des Salpeters sind sehr zahlreich, da er sich überall da erzeugt, wo stickstoffhaltige organische Substanzen im Boden enthalten sind und verwesen. An einigen Orten bildet er bedeutende Lager, so in Ostindien, Ungarn, Arragonien, wo er als Efflorescenz auf dem Erdboden gefunden wird; ein anderes Vorkommen ist das in den sogenannten Salpeterhöhlen, die fast ausschliesslich im Kalk oder Dolomitgebirge vorkommen. Bei Molfetta in Apulien bildet der Salpeter eine mehrere Centimeter dicke Kruste auf weissem Kalkgestein; ähnliche Vorkommnisse des Salpeters sind in Calabrien, auf Ceylon, sowie bei Homburg und Belgrad.

Natürlicher Salpeter kommt in grosser Menge in den Handel, zumal aus Algier und Ungarn. Er findet Anwendung zur Bereitung des Schiesspulvers und zur Darstellung der Salpetersäure.

Chilisalpeter.

Der Chilisalpeter krystallisirt hexagonal, in rhomboëdrischen Formen; die Krystalle sind deutlich blättrig und zeigen Doppelbrechung. Am häufigsten findet sich der Chilisalpeter in krystallinischen Krusten. Sein spec. Gewicht ist gleich 2,1; seine Härte gleich 2; er ist farblos oder hell gefärbt; sein Geschmack ist salzig kühlend.

Der Chilisalpeter ist mehr oder weniger reiner Natronsalpeter und kommt ihm die Formel $NaN\Theta_3$ ($NaONO_5$) zu; meist ist ihm jedoch sehr viel Chlornatrium sowie schwefelsaures Natron beigemengt. Der Chilisalpeter ist in Wasser leicht löslich; beim Erhitzen schmilzt er und verpufft auf Kohle; der nicht leuchtenden Gasflamme ertheilt er eine gelbe Farbe.

. Der Chilisalpeter kommt in Chile in ausgedehnten Lagern vor, in Thon- und Sandlagern; südlich Tarapaca in einer Höhe von 1000 Metern erstreckt sich ein oberflächliches, oft bis 2 Meter dickes Lager, wohl in einer Ausdehnung von dreissig Meilen. Es wird daselbst ein blühender Handel mit Natronsalpeter getrieben und derselbe in grossen Massen nach Europa ausgeführt. Im Jahre 1859 wurden ein und eine halbe Million Centner ausgeführt. Man schätzt den ganzen .dort befindlichen Vorrath auf zwölfhundert Millionen Centner.

Der Chilisalpeter dient als Düngemittel und wird durch kohlensaures Kali oder Chlorkalium in Kalisalpeter umgewandelt.

Andere salpetersaure Salze, wie Kalksalpeter und Magnesiasalpeter, bilden sich an Mauern von Viehställen und werden vielfach gesammelt, um auf Kalisalpeter verarbeitet zu werden.

B. Carbonate.

Wir können die Carbonate nach ihrem mineralogischen Charakter eintheilen in Haloide und Chalcite. Erstere sind farblos, von salzähnlichem Habitus, und enthalten nur leichte Metalle; letztere sind grösstentheils farbige Mineralien von salzähnlichem Habitus und enthalten stets ein schweres Metall.

Haloide.

Soda.

Die natürliche Soda mit zehn Molecülen Krystallwasser, $Na_2C\Theta_3 + 10H_2\Theta$ ($NaOCO_2 + 10HO$), krystallisirt in monoklinen Körnern, findet sich jedoch nur in krystallinischen Krusten oder als mehliger Beschlag.

Die Soda verwittert leicht an der Luft, löst sich in Wasser leicht auf und schmilzt beim Erhitzen in ihrem Krystallwasser.

Der wichtigste Fundort sind die berühmten Natronseeen in Unterägypten; auch in der Nähe von Debreczin in Ungarn be-

deckt sich in der heissen Jahreszeit der Boden mit weissen Krystallnadeln von Soda.

Ein anderes Natronsalz der Kohlensäure ist das Trona (arabisch) oder Urao, welches ebenfalls monoklin krystallisirt und ähnliches Vorkommen bietet wie die Soda. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel [$Na_2CO_3 + 2NaHCO_3 + 2H_2O$] ($2NaOCO_3 + CO_2HO + 2HO$); es enthält in der Regel nicht unbedeutende Mengen von Chlornatrium.

In der Provinz Sukena bei Ferran, sowie bei Lagunilla unweit Merida in Columbien, und bei Nizam in Ostindien kommt das Trona oder Urao vor. Auch die Natronseeen in Aegypten erzeugen dasselbe.

Witherit.

Witherit krystallisirt rhombisch; zeigt Zwillingsbildungen; die Krystalle sind selten; bildet meist traubige, nierförmige und derbe Aggregate von radial-stengeliger Structur. Sein spec. Gewicht ist gleich 3,2—4,3, seine Härte gleich 3—3,5; er ist farblos, manchmal gelblich, hat Glasglanz und ist im Bruche fettartig, durchscheinend, selten durchsichtig und optisch zweiaxig. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $BaCO_3$ ($BaOCO_2$). Die farblose Gasflamme färbt er grün; beim Erhitzen schmilzt er zu einem klaren Glase, das nach der Abkühlung emailweiss ist. Verdünnte Salzsäure löst ihn unter Brausen.

Sein wichtigstes Vorkommen sind die Bleierzgänge des nördlichen England. Besonders schön findet er sich bei Alston-Moor in Cumberland; auch in Northhumberland sowie bei Salzburg und in Steiermark kommt Witherit vor.

Strontianit.

Rhombisch krystallisirt und isomorph mit Witherit ist der Strontianit. Auch seine Krystalle, die meist nadelförmig oder spiesig sind, sind selten; meist findet sich der Strontianit in derben, dünnstengeligen, faserigen Massen. Sein spec. Gewicht ist gleich 3,6—3,8, seine Härte gleich 3,5; er ist farblos, jedoch sehr häufig grau, gelblich oder grünlich gefärbt, hat Glasglanz und ist durchscheinend bis durchsichtig. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $SrCO_3$ ($SrOCO_2$); er enthält in der Regel kohlensauren Kalk beigemengt. Sein chemisches Verhalten gleicht dem des Witherits.

Die Fundorte sind Bräunsdorf bei Freiberg, Clausthal, Leogang, Strontian in Schottland und Hamm in Westphalen.

Arragonit.

Arragonit ist isomorph mit den beiden vorigen Carbonaten. Er findet sich in vorzüglich ausgebildeten, einzeln aufgewachsenen oder zu Drusen vereinigten Krystallen, an denen sich oft Zwillings- oder Drillingsbildung wahrnehmen lässt. Bei Leogang finden sich auch Vierlinge.

Der Arragonit hat das spec. Gewicht 2,9—3, die Härte 3,5—4 und ist farblos, doch oft gelblich, röthlich, auch violett oder hellgrün gefärbt; er hat Glasglanz, ist durchsichtig bis durchscheinend und optisch zweiaxig; die optischen Axen liegen im makrodiagonalen Hauptschnitte, die spitze Bisectrix fällt mit in die Hauptaxe.

Der Arragonit ist kohlensaurer Kalk, $CaCO_3$ ($CaOCO_2$). Er löst sich in Salzsäure und gleicht in seinen chemischen Eigenschaften dem Witherit.

Er findet sich in Arragonien im Thon und Gyps; bei Leogang in Salzburg in Lagern, im Basalt Böhmens.

Man unterscheidet als besondere Varietäten strahligen, faserigen und nadelförmigen Arragonit. Der Karlsbad-Sprudelstein besteht zum Theil aus strahligem Arragonit, der durch Eisenocker roth gefärbt ist; faseriger oder spiesiger Arragonit kommt besonders auf Kalksteinlagern bei Heidelbach, sowie auf Brauneisenerzlagern bei Saalfeld und Kamsdorf vor.

Schaumkalk nennt man eine Pseudomorphose des Arragonits nach Gyps, welche sich bei Gera, Hettstädt und Lauterberg im Harze findet.

Barytocalcit, Alstonit, nennt man ein rhombisch krystallisirendes Doppelsalz von kohlensaurem Baryt mit kohlensaurem Kalk, welches mit Arragonit isomorph ist und dem die Formel $BaCa(CO_3)_2$ ($BaOCO_2 + CaOCO_2$) zukommt.

Der Arragonit von Karlsbad wird als Schmuckstein verwendet.

Kalkspath.

Kalkspath, Calcit, krystallisirt hexagonal, in rhomboëdrischen Formen, und zwar in den mannigfaltigsten Combinationen; auch bildet er Zwillingskrystalle. Schöne, grosse, wohlausgebildete Krystalle von Kalkspath sind nicht selten, noch häufiger findet sich dagegen der Kalkspath in Massen von krystallinischer Structur.

Der Kalkspath ist höchst vollkommen in den Richtungen der Rhomboëderflächen spaltbar, er ist spröde, hat ein spec. Gewicht gleich 2,6—2,8, die Härte 3 (verschiedene Flächen zeigen ver-

schiedene Härte); er ist meist wasserhell oder farblos, oft aber auch von den verschiedensten Farben, selbst schwarz kommt er vor. Die Krystallflächen besitzen schönen Glasglanz, und einige Perlmutterglanz. Der Kalkspath zeigt ausgezeichnete doppelte Lichtbrechung.

Die reinsten Varietäten des Kalkspaths sind kohlensaurer Kalk, $\text{ƀa}\text{ƀ}\text{Ɵ}_3$ ($CaOCO_2$). Die meisten Varietäten enthalten aber Beimengungen, die oft der Menge nach sehr bedeutend sind.

Die Fundorte der reinsten Varietäten von Kalkspath sind:

Island (Doppelspath), Auerbach an der Bergstrasse, Derbyshire, Andreasberg, Freiberg, Tharand, Maxen, Cumberland.

Man unterscheidet wesentlich folgende Varietäten des Calcits:

Faserkalk oder Kalksinter, stängelige, faserige Aggregate,

Kalkstein, Kalktuff, körnig und dicht,

Marmor oder Kalkstein, in verschiedenen Arten und Farben, als Muschelmarmor, bunter Marmor, durch Thon und andere Beimengungen verunreinigt, Mergel. Durch ihre Structur verschieden sind die oolithischen Kalksteine und Rogensteine.

In ungeheuren Massen findet sich die Kreide, welche allem Anschein nach keine krystallinische Beschaffenheit besitzt, sondern aus kleinen Körnern von elliptischer Gestalt besteht, welche mit mikroskopischen Schalen von Foraminiferen gemischt sind.

Alle diese Vorkommnisse des kohlensauren Kalks sind im jüngeren Gebirge, jedoch fehlt auch dem Urgebirge der kohlensaure Kalk nicht ganz.

Kein anderes Mineral findet so ausgedehnte Anwendung in der Industrie wie der Calcit. Von dem feinsten Statuenmarmor aus Carrara oder von Paros, bis zum gewöhnlichsten unreinen Thonmergel, werden alle die vielen Varietäten in ausgedehnter Weise angewendet; der Marmor zu Ornamenten, der eigentliche dichte Kalkstein zu Baustein, sowie zur Herstellung des Aetzkalks, zu welchem Behufe derselbe gebrannt wird. Von hohem Interesse ist die Benutzung der wasserklaren Kalkspathkrystalle zur Herstellung optischer Instrumente, welche Anwendung er seiner starken Doppelbrechung verdankt.

Der Kalkspath und der Arragonit liefern uns ein Beispiel von Dimorphismus; Arragonit ist isomorph mit den beiden anderen kohlensauren alkalischen Erden, während Kalkspath isomorph mit einigen Calciten und dem Dolomit ist.

Magnesit.

Magnesit kommt in zwei gesonderten Varietäten vor, deren eine der krystallisirte Magnesit, Talkspath, Bitterspath oder Magnesitspath, die andere der undeutlich krystallinische dichte Magnesit ist.

Der erstere krystallisirt hexagonal, in rhomboëdrischen Formen und ist isomorph mit Kalkspath; er findet sich sowohl in deutlichen, einzeln eingewachsenen Krystallen, als auch in körnigen Aggregaten. Er hat das spec. Gewicht 2,9—3,1 und die Härte 4—4,5, ist farblos, weiss, aber auch grau, gelb bis ockergelb; er besitzt lebhaften Glasglanz und ist durchsichtig bis kantendurchscheinend.

Er besteht wesentlich aus kohlensaurer Magnesia $MgCO_3$ ($MgOCO_2$), enthält aber in der Regel kohlensaures Eisenoxydul beigemengt.

Er findet sich im Talkschiefer am St. Gotthard, am Greiner und an einigen andern Punkten in Tyrol; in Steiermark, Norwegen und in Vermont in Nordamerika findet er sich fast rein in grossen Lagern.

Die andere Varietät, der dichte Magnesit, bildet nierförmige Aggregate, hat einen muscheligen, unebenen Bruch, ein spec. Gewicht gleich 2,85—2,95, eine Härte gleich 3—5 und ist weiss, grau oder gelb in verschiedenen Nüancen. Er ist reine kohlensaure Magnesia, der häufig etwas Kieselsäure beigemengt ist. Er findet sich in Schlesien, Steiermark, Mähren und Piemont.

Beide Varietäten des Magnesits erleiden Anwendung zur Darstellung von Magnesiasalzen.

Im Serpentin von Kumi auf Negroponte, sowie in Pennsylvanien und in Mähren findet sich ein als Hydromagnesit bezeichnetes Mineral, welchem nach seiner Zusammensetzung die Formel $3MgCO_3 + Mg(OH)_2 + 3H_2O$ ($4MgO\ 3CO_2 + 4HO$) zukommt.

Dolomit.

Der Dolomit krystallisirt hexagonal, in rhomboëdrischen Formen; die Krystalle sind selten einzeln aufgewachsen, meist zu Drusen, oder zu kugeligen, nierförmigen Aggregaten vereinigt; meist findet sich der Dolomit derb, in grob- und feinkörnigen oder dichten Aggregaten. Das spec. Gewicht ist gleich 2,85—2,95, die Härte gleich 3,5—4,5; er ist farblos, aber auch roth, gelb, grau und grün, jedoch fast immer hell gefärbt; er ist glas-, perlmutter- oder fettglänzend und durchscheinend.

Der sogenannte Normal-Dolomit ist eine Verbindung von einem Molecül kohlensaurem Kalk mit einem Molecül kohlensaurer Magnesia und hat die Formel $CaCO_3 + MgCO_3$ ($CaOCO_2 + MgOCO_2$); gewisse Varietäten enthalten jedoch die beiden kohlensauren Salze in anderen Verhältnissen verbunden. Der Dolomit steht somit in der Mitte zwischen den beiden isomorphen Mineralien Kalkspath und Magnesit und könnte man seine Formel

$\left.\begin{matrix} xCa \\ yMg \end{matrix}\right\} CO_3$, wo $x + y = 1$ schreiben.

Der Dolomit ist ein sehr verbreitetes Mineral und bildet ganze Gebirgsmassen. Krystallisirt findet er sich am St. Gotthard, am Brenner und Greiner, sowie bei Dresden, Freiberg, Joachimsthal, Glücksbrunn, Kolaseruk, Miëmo, Traversella u. a. O.

In einigen wichtigen Varietäten des Dolomits, z. B. im Braunspath, ist das Calcium oder das Magnesium zum Theil durch Mangan oder Oxyduleisen vertreten, wie denn überhaupt eisenhaltige Dolomite sehr häufig sind. Braunspath findet sich besonders auf den Erzgängen von Freiberg und Schemnitz, sowie auf manchen Kalksteinlagern.

Chalcite.

Galmei.

Galmei, Zinkspath, Smithsonit, krystallisirt hexagonal, in rhomboëdrischen Formen und ist isomorph mit Kalkspath und Magnesit. Er kommt nur in kleinen Krystallen vor, dagegen bildet er häufig nierförmige, stalaktitische Aggregate; auch kommt er in derben Massen von feinkörniger oder dichter Structur vor. Sein spec. Gewicht ist gleich 4,1—4,5, seine Härte gleich 5; er ist farblos, doch auch hellgrau, braun oder grün gefärbt; er hat Glas- bis Perlmutterglanz und ist durchscheinend bis durchsichtig.

Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $ZnCO_3$ ($ZnOCO_2$), in der Regel ist jedoch ein Theil des Zinks durch das isomorphe Mangan, Oxyduleisen, Calcium oder Magnesium ersetzt, zuweilen enthält er kleine Mengen von Blei oder Kadmium; Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd sind ihm manchmal als Verunreinigungen beigemengt.

Er findet sich bei Lyon, bei Aachen, in Polen, Baden und bei Mendip und Matlock in England.

Bei Bleiberg und Raibel in Kärnten, sowie an einigen

Orten in Spanien findet sich ein dichtes Mineral, welches den Namen Zinkblüthe führt und dem nach seiner Zusammensetzung die Formel $ZnCO_3 + 2Zn(OH)_2 + H_2O$ ($ZnOCO_2 + 2ZnO + 3HO$) zukommt.

Eisenspath.

Eisenspath, Spatheisenstein, Sphärosiderit, Siderit, krystallisirt hexagonal, in rhomboëdrischen Formen und ist isomorph mit Kalkspath, Magnesit und Zinkspath. Er ist selten gross krystallisirt, meist findet er sich in derben, grob- oder feinkörnigen Aggregaten, seltener in nierförmigen Gebilden (Sphärosiderit).

Der Eisenspath kommt in einer Reihe von Varietäten vor, die sich von einander wesentlich durch ihre Zusammensetzung unterscheiden. Der reine Eisenspath ist kohlensaures Eisenoxydul $FeCO_3$ ($FeOCO_2$); in einigen Varietäten ist Eisen theilweise durch Mangan ersetzt, in anderen durch Magnesium oder Calcium. Der Mangangehalt einiger Varietäten, z. B. der auf den Zinnsteingängen von Ehrenfriedersdorf im Erzgebirge steigt auf 25 Procent Manganoxydul; im Durchschnitt enthalten die manganhaltigen Varietäten jedoch nur 10 Procent. Interessant sind auch die zinkhaltigen Eisenspathe, welche, wie der Dolomit in seinen verschiedenen Varietäten in der Mitte zwischen Kalkspath und Magnesit steht, die Brücke zwischen Eisenspath und Zinkspath bilden. Oligonspath und Zinkspath gehören in diese Gruppe. Der Zinkeisenspath von Aachen enthält 28—40 Procent kohlensaures Zinkoxyd. Es ist die Entstehung derartiger, nach wechselnden Verhältnissen der Bestandtheile gemischter, Verbindungen nicht schwer erklärlich, wenn man bedenkt, dass die reinen Varietäten dieser kohlensauren Salze als isomorphe Körper die Eigenschaft haben, in wechselnden Verhältnissen zu homogenen Gemischen zusammen zu krystallisiren.

Der reine Eisenspath hat ein spec. Gewicht gleich 3,7—3,9, eine Härte gleich 3,5—4,5, ist gelblichgrau, erbsengelb und gelblichbraun, hat Glas- oder Perlmutterglanz und ist durchscheinend.

Der Eisenspath decrepitirt beim Erhitzen, schwärzt sich und wird magnetisch. Er giebt ein Gas beim Glühen ab, welches aus fünf Raumtheilen Kohlensäure und einem Raumtheil Kohlenoxyd besteht, und hinterlässt einen Rückstand von einer der Formel Fe_6O_7 (Fe_6O_7 oder $Fe_2O_3 + 4FeO$) entsprechenden Zusammensetzung. Der gepulverte Eisenspath löst sich in erwärmter verdünnter Salzsäure leicht auf.

Der Eisenspath in seinen verschiedenen Varietäten ist ein

sehr ausgezeichnetes Material zur Gewinnung des metallischen Eisens und des Stahls.

Manganspath.

Mit dem Namen Manganspath bezeichnet man eine Anzahl isomorpher Mischungen der kohlensauren Salze von Mangan, Calcium, Magnesium und Eisen, welche sämmtlich Varietäten derselben Species sind, deren reinster Vertreter das kohlensaure Manganoxydul ist, welches den Namen Diallogit führt.

Der Diallogit krystallisirt hexagonal, in rhomboëdrischen Formen; die Krystalle sind in der Regel zu Drusen vereinigt; er kommt jedoch auch in kugeligen, nierförmigen Aggregaten von stengeliger Textur, sowie in derben, körnigen Massen vor. Sein spec. Gewicht ist gleich 3,3—3,6; seine Härte gleich 3,5—4,5; er hat eine rothe Farbe, Glas- und Perlmutterglanz, und ist durchscheinend.

Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $MnCO_3$ ($MnOCO_2$). Er decrepitirt beim Erhitzen, ist in der Löthrohrflamme unschmelzbar, färbt sich aber grünlichgrau oder schwarz. In verdünnten Säuren löst er sich beim Erwärmen unter starkem Aufbrausen leicht auf.

Diese reinste Varietät ist sehr selten und findet sich hauptsächlich bei Vieille in den Pyrenäen. Der Manganspath von Kapnik enthält ausser kohlensaurem Manganoxydul 9,5 Procent kohlensauren Kalk und 3 Procent kohlensaure Magnesia, sowie etwas Wasser; der von Elbingerode am Harz 4,8 Procent kohlensauren Kalk und 3,2 Procent kohlensaures Eisenoxydul; der von Freiberg 13 Procent kohlensauren Kalk, 7,2 Procent kohlensaure Magnesia, 5,7 Procent kohlensaures Eisenoxydul sowie etwas Wasser. Eine bei Rheinbreitbach gefundene Varietät enthält ausser den genannten kohlensauren Salzen noch 3,7 Procent kohlensaures Kobaltoxydul.

Zum Manganspath steht der Manganocalcit in derselben Beziehung wie der Arragonit zum Kalkspath. Der Manganocalcit krystallisirt rhombisch. Er bildet in der Regel nierförmige Massen von radialstengeliger Textur und röthlicher Farbe. Er besteht aus 78 Procent kohlensaurem Manganoxydul, 18,7 Procent kohlensaurem Kalk und 3,3 Procent kohlensaurem Eisenoxydul. Eine Varietät der Manganocalcite enthält weniger Mangan, dagegen 10 Procent kohlensaure Magnesia. Der Manganocalcit findet sich zu Schemnitz.

Weissbleierz.

Cerussit, Weissbleierz, krystallisirt rhombisch und ist isomorph mit Arragonit, Witherit und Strontianit. Es kommt in mannigfaltigen Combinationen und sehr vollkommen ausgebildeten Zwillingskrystallen vor. Die Krystalle finden sich einzeln aufgewachsen, sowie zu Drusen vereinigt. Mit dem Namen Bleierde bezeichnet man die sehr feinkörnigen und erdigen Varietäten, welche in der Regel Thon oder eine andere Gebirgsart durchsetzen.

Das spec. Gewicht des Weissbleierzes ist gleich 6,4—6,6, die Härte gleich 3—3,5. Es ist farblos oder weiss, häufig aber auch grau, gelb, braun, schwarz, selten auch grün oder roth gefärbt; es besitzt Diamant- oder Fettglanz und ist durchsichtig bis durchscheinend.

Dem Weissbleierz kommt nach seiner Zusammensetzung in den reinsten Varietäten die Formel $PbCO_3$ ($PbOCO_2$) zu. Sehr häufige Varietäten enthalten auch Kalk, jedoch stets nur in geringer Menge.

Das Weissbleierz decrepitirt beim Erhitzen und hinterlässt einen gelben Rückstand, während Kohlensäure entweicht. Auf Kohle erhitzt, giebt es ein Bleikorn und einen gelben Beschlag. Verdünnte Salpetersäure löst es unter Brausen leicht auf; auch in Kalilauge ist es löslich.

Die Fundorte sind zahlreich.

Unter den Namen Hornblei, Bleihornerz, Phosgenit kommt eine seltene Verbindung von kohlensaurem Bleioxyd mit Chlorblei vor, welche schöne quadratische Krystalle bildet. Ihre Zusammensetzung entspricht der Formel [$PbCO_3 + PbCl_2$] ($PbOCO_2 + PbCl$); ihre Structur wird durch das folgende Schema dargestellt:

$$\begin{matrix} Pb\langle^{Cl}_{\diagdown} \\ \quad CO_3 \\ Pb\langle^{\diagup}_{Cl.} \end{matrix}$$

Das Hornblei findet sich in Derbyshire und auf der Insel Sardinien.

Kupfercarbonate.

Kupferlasur, Azurit, krystallisirt monoklin, in kurz säulenförmigen Krystallen, welche häufig höchst complicirte Combinationen darstellen. Krystalle sind selten, etwas häufiger findet er sich derb und eingesprengt, sowie als Anflug. Bei Chessy

unweit Lyon finden sich kugelige Congregationen von Wallnussgrösse, welche aus einem Hanfwerk von Krystallen bestehen.

Der Kupferlasur hat das spec. Gewicht 3,6; die Härte 4, besitzt eine lasurblaue Farbe, mit einem Stich ins Rothe, giebt einen smalteblauen Strich; die Krystalle sind kantendurchscheinend bis undurchsichtig.

Die erdige Varietät des Kupferlasurs wird Bergblau genannt.

Der Kupferlasur ist basisch kohlensaures Kupferoxyd und kommt ihm die Formel $[2\,\mathrm{Cu\,C\Theta_3} + \mathrm{Cu(\Theta H)_2}]$ $(2\,\mathrm{Cu\,OCO_2} + \mathrm{CuOHO})$ zu; die Structur der Verbindung wird durch das folgende Schema dargestellt:

$$\begin{array}{l} \mathrm{C\Theta_3} \langle \begin{array}{l} \mathrm{Cu - (\Theta H)} \\ \mathrm{Cu} \end{array} \\ \mathrm{C\Theta_3} \langle \begin{array}{l} \\ \mathrm{Cu - (\Theta H).} \end{array} \end{array}$$

Kupferlasur findet sich auf Kupferlagerstätten in Chessy bei Lyon, bei Moldowa im Banat, bei Redruth in Cornwall, bei Phönixville in Pennsylvanien, sowie an mehreren Orten in Sibirien. Der Kupferlasur findet als blaue Farbe Anwendung.

Malachit (Berggrün der alten Bergleute) krystallisirt monoklin, bildet Zwillinge, in der Regel nur klein krystallinisch und in Form strahlig büschelförmiger Massen vorkommend; am häufigsten dagegen als grüner Anflug oder erdiger Beschlag (Kupfergrün). Die grössten Massen von Malachit stellen glaskopfartige Massen dar.

Das spec. Gewicht des Malachits ist gleich 3,7—4,1; die Härte gleich 3,5—4. Der Malachit ist grün in verschiedenen Nüancen. Die strahlig krystallinischen Massen haben prachtvollen smaragdgrünen Seidenglanz und sind dichroistisch, insofern sie auf dem Querbruch einen schwarzen Schimmer zeigen.

Der Malachit ist basisch kohlensaures Kupferoxyd und kommt ihm die Formel $[\mathrm{Cu\,C\Theta_3} + \mathrm{Cu(\Theta H)_2}]$ $(\mathrm{Cu\,OCO_2} + \mathrm{CuO\,OH})$ zu; seine Structur wird durch das folgende Schema dargestellt:

$$\mathrm{C\Theta_3} < \begin{array}{l} \mathrm{Cu - (\Theta H)} \\ \mathrm{Cu - (\Theta H).} \end{array}$$

Die chemischen Eigenschaften des Malachits und des Kupferlasurs stimmen überein. Beide schwärzen sich beim Erhitzen und geben Kohlensäure und Wasser ab; auf Kohle erhält man im Reductionsfeuer kleine Metallflitter, welche nach dem Reiben mit dem Polirstahl rothen Metallglanz zeigen. In Säuren sind sie unter Aufbrausen zu grünen oder blauen Flüssigkeiten löslich; Ammoniak löst sie zu einer tiefblau gefärbten Flüssigkeit auf.

Der Malachit ist ein sehr verbreitetes Kupfererz. Als Kupfergrün findet er sich im Muschelkalk, im Keupermergel und im Buntsandstein; häufig findet er sich auf Erzgängen, so bei Herrensegen, Nanzenbach, sowie bei Chessy, in Kärnten, Cornwall, im Banat, in Polen und an vielen Orten in Nordamerika. Die berühmtesten Fundorte sind im Ural. Dort findet er sich klumpenweise. In den Demidoff'schen Gruben bei Nischne Tagilsk hat man einen Malachitblock von 5 Meter Länge, 2 Meter Breite und $2^1/_2$ Meter Höhe blosgelegt. Der Uralische Malachit ist wegen seiner schönen grünen Farbe und seiner Politurfähigkeit als Material für Ornamentarbeiten sehr geschätzt.

C. Sulfate.

Haloide.

Die Eintheilung der Sulfate in Haloide und Chalcite bezieht sich auf dieselben Unterschiede wie bei den Carbonaten.

Thenardit.

Der Thenardit krystallisirt rhombisch; an den Krystallen herrscht ein rhombisches Octaëder vor; dieselben sind zu Drusen vereinigt. Das Mineral hat ein spec. Gewicht gleich 2,7, eine Härte gleich 3, ist farblos. Es ist wasserfreies, schwefelsaures Natron, Na_2SO_4 ($NaOSO_3$), und bildet sich im Sommer durch Verdunstung des in den Steinsalzwerken von Espartinas bei Aranjuez entquillenden Quellwassers. Es wird gesammelt und zur Sodabereitung verwendet.

Glaubersalz.

Das Glaubersalz krystallisirt monoklin. Die Krystalle sind farblos, haben das spec. Gewicht 1,5 und die Härte 2; dieselben verwittern an trockner Luft und überziehen sich mit einer weissen, mehligen Schicht. Das Glaubersalz findet sich häufig als weisser, mehliger Ueberzug auf Steinsalz oder Gyps. Das Glaubersalz ist wasserhaltiges, schwefelsaures Natron und hat die Formel $Na_2SO_4 + 10H_2O$ ($NaOSO_3 + 10HO$). Es schmilzt beim Erhitzen in seinem Krystallwasser, giebt dieses alsdann ab, wobei die Masse trocken und fest wird, um bei stärkerem Erhitzen wieder zu schmelzen.

Das Glaubersalz findet sich in vielen Steinsalzbergwerken, so bei Hallstadt, Aussee und Berchtesgaden; in einer Höhle bei New Albany in Indiana ist es in grosser Menge gefunden worden, ebenso bei Logroño am Ebro, mit Steinsalz wechsellagernd; auch kommt es unter den Efflorescenzen des Vesuvs vor. Es wird als Arzneimittel und bei der Sodabereitung verwendet.

Bittersalz.

Das Bittersalz krystallisirt rhombisch und findet sich als Efflorescenz des Erdbodens und verschiedener Gesteine in körnigen, faserigen und erdigen Aggregaten. Das spec. Gewicht ist gleich 1,8, die Härte gleich 2—3; es ist farblos und durchsichtig. Das Bittersalz ist wasserhaltige, schwefelsaure Magnesia und hat die Formel $MgSO_4 + 7H_2O$ ($MgOSO_3 + 7HO$). Beim Erhitzen giebt es Wasser ab und hinterlässt das wasserfreie Salz, welches nach dem Befeuchten mit einer Lösung von salpetersaurem Kobaltoxydul rosaroth wird. Es ist leicht löslich in Wasser; häufig durch Wasseranziehung (bei Gehalt an Chlormagnesium) feucht geworden. Das Bittersalz ist nicht selten; in den Kohlengruben bei Offenburg am Schwarzwald bildet es sich im Schieferthon und kleine Bittersalzflitter fliegen dort in der Luft herum. Stalaktitisch kommt es zu Herrengrund bei Neusohl vor, hat jedoch da eine rosarothe Farbe, herrührend von einem Gehalt an Kobaltvitriol. Die Steppen von Sibirien bedecken sich nach Regen mit Bittersalz wie mit Schnee. Wichtig ist das Vorkommen des Bittersalzes in den Mineralwässern von Epsom, Saidschütz und Püllna.

Kieserit.

Der Kieserit ist undeutlich krystallinisch und findet sich in körnigen Massen auf Lagern in Steinsalz, hauptsächlich bei Stassfurt. Er ist graulichweiss, durchscheinend, und hat ein spec. Gewicht gleich 2,517. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $MgSO_4 + H_2O$ ($MgOSO_3 + HO$). Er löst sich langsam in Wasser auf, ist hygroskopisch und geht durch Wasseranziehung in Bittersalz über. Die chemischen Eigenschaften stimmen mit denen des Bittersalzes überein.

Der Kieserit findet sich in grosser Menge, in zoll- bis fussstarken Schichten, mit Steinsalz wechselnd, in einer gegen 180 Fuss dicken Ablagerung in Stassfurt. Er umschliesst grosse Krystalle von Sylvin.

Die schwefelsaure Magnesia bildet mit mehreren anderen Sulfaten Doppelsalze, die sich zum Theil in der Natur finden. Loweït ist ein Doppelsalz von der Formel $MgSO_4 + Na_2SO_4 + 2^1/_2H_2O$, das sich im Anhydrit bei Ischl findet.

Pikromerit oder Schönit ist ein Doppelsalz von der Formel $MgSO_4 + K_2SO_4 + 6H_2O$ ($MgOSO_3 + KOSO_3 + 6HO$), welches im Stassfurter Steinsalzlager sowie in den Salzkrusten der Fumarolen des Vesuvs vorkommt.

Polyhalit enthält noch ausserdem schwefelsauren Kalk und kommt ihm die Formel [$2CaSO_4 + MgSO_4 + K_2SO_4 + 2H_2O$] ($2CaOSO_3 + MgOSO_3 + KOSO_3 + 2HO$) zu. Der Polyhalit krystallisirt rhombisch und bildet breite, langgestreckte Säulen, welche meist zu faserigen oder blättrigen Aggregaten verwachsen sind. Er löst sich in Wasser unter Zurücklassung von Gyps.

Er findet sich im Stassfurter Steinsalzlager, sowie im rothen Steinsalz von Ischl, Aussee, Berchtesgaden, ferner bei Hallein, Hallstadt und Vic.

Kainit ist ein im Stassfurter Salzlager aufgefundenes, complicirt und nicht ganz constant zusammengesetztes Doppelsalz von schwefelsaurer Magnesia, schwefelsaurem Kali und Chlormagnesium. Am nächsten kommt seiner Zusammensetzung die Formel [$MgSO_4 + K_2SO_4 + MgCl_2 + 6H_2O$] ($MgOSO_3 + KSO_3 + MgCl + 6HO$).

Glauberit.

Der Glauberit krystallisirt monoklin und bildet meist dick tafelartige Krystalle, findet sich jedoch häufiger in derben, dünnschaligen Aggregaten. Die Krystalle sind klar und gelblichweiss; sie überziehen sich an feuchten Orten mit einer weissen, mehligen Rinde von Glaubersalz. Ihr spec. Gewicht ist gleich 2,8; ihre Härte gleich 2—3. Sie sind sehr vollkommen basisch spaltbar.

Der Glauberit enthält schwefelsaures Natron und schwefelsauren Kalk und hat die Formel $Na_2SO_4 + CaSO_4$ ($NaOSO_3 + CaOSO_3$). Er ist theilweise in Wasser löslich.

Schöne Krystalle von Glauberit sind im Steinsalz von Villarubia bei Ocaña in Spanien gefunden worden; bei Vic bildet er unreine, knotige Concretionen im Salz, bei Aussee und Berchtesgaden sehr schöne, fleischrothe, blättrige Massen. In den schönen 4—5 Centimeter grossen Glauberitkrystallen von Iquique in Peru ist bis 5 Procent Borsäure enthalten.

Thonerdesulfate.

Haarsalz, Keramohalit, Halotrichit, sind die faserigen Salze, welche sich im Braunkohlen- und Steinkohlengebirge und besonders in den Fumarolen bilden. Die haar- oder nadelförmigen Krystalle sind weiss, aber auch gelblich oder grünlich und seideglänzend. Sie bestehen im Wesentlichen aus wasserhaltiger, schwefelsaurer Thonerde und kommt ihnen die Formel $Al_2(S\Theta_4)_3 + 18H_2\Theta$ ($Al_2O_3 3SO_3 + 18HO$) zu. Häufig ist dem Thonerdesalz Eisenoxyd beigemengt.

Beim Erhitzen blähen sie sich auf, geben zuerst Wasser, dann Schwefelsäure ab und hinterlassen einen bei starkem Glühen leuchtenden weissen Rückstand. In Wasser sind sie leicht löslich.

In grosser Menge finden sie sich bei Adelaide in Neu-Südwales.

Aluminit bildet schneeweisse Knollen mit unebner Oberfläche, die kreideartig abfärben. Die reinste Varietät hat ein spec. Gewicht gleich 1,7, eine Härte gleich 1. Sie besteht aus basisch schwefelsaurer Thonerde und es kommt ihr die Formel $Al_2 S\Theta_4 (\Theta H)_4 + 7H_2O$ ($Al_2 O_3 SO_3 + 9HO$) zu. Die Structur der Verbindung wird durch folgendes Schema dargestellt:

$$\begin{matrix}(\Theta H) - Al - (\Theta H) \\ (\Theta H) - Al - (\Theta H).\end{matrix} > S\Theta_4 + 7H_2\Theta \quad \text{oder} \quad S\Theta_4 < \begin{matrix}(Al\Theta) \\ (Al\Theta)\end{matrix} + 9H_2\Theta.$$

Der Aluminit löst sich nicht in Wasser, dagegen leicht in verdünnten Säuren; beim Erhitzen giebt er Wasser ab und verhält sich auch im Uebrigen wie Haarsalz.

Die meisten Varietäten des Aluminits sind nicht rein, sondern enthalten neben dem obigen Salze noch Thonerdehydrat. Dahin ist auch wohl die sogenannte Bergbutter zu rechnen.

Der Aluminit findet sich hauptsächlich bei Halle, bei New-Haven in Sussex, und bei Autun unweit Paris.

Haarsalz und Aluminit dienen zur Alaunbereitung.

Alaune.

Die verschiedenen Alaune lassen sich mineralogisch ebenso wie chemisch als Varianten einer und derselben Verbindungsform ansehen.

Sie sind, wie wir dies schon im chemischen Theile dieses Buches kennen gelernt haben, alle nach einer allgemeinen Formel zusammengesetzt, enthalten gleichviel Krystallwasser und sind

isomorph. Sie krystallisiren vorwiegend in regulären Octaëdern; es kommen jedoch auch würfelförmige Alaunkrystalle, wenn auch viel seltener, vor. Octaëder sowohl, als auch Würfel der Alaune lassen sich leicht künstlich darstellen (siehe chemischer Theil). Auf künstliche Weise kann man jedoch auch andere Formen von Alaunkrystallen erzielen, so z. B. Granatoëder.

In der Natur bilden sich die Alaune in Schieferthonen und Kohlengebirgen, welche von fein zertheiltem Schwefelkies durchdrungen sind. Derartige Schieferthone hat man Alaunschiefer genannt.

Die wichtigsten Varietäten sind:

Kalialaun, $AlK(S\Theta_4)_2 + 12H_2\Theta$ ($Al_2O_3\,3SO_3 + KOSO_3 + 24HO$), ist in Wasser leicht löslich; bläht sich beim Erhitzen stark auf, giebt erst Wasser, dann Schwefelsäure ab und hinterlässt eine schwammige Masse, welche, mit einer Lösung von salpetersaurem Kobaltoxydul befeuchtet und hierauf geglüht, blau wird. Er findet sich in den Klüften mancher Laven, sowie in Brandfeldern des Steinkohlengebirges. Berühmt ist der römische Alaun von Tolfa, der in Würfeln vorkommt und durch mechanisch beigemengtes Eisenoxyd roth gefärbt ist.

Natronalaun, $AlNa(S\Theta_4)_2 + 12H_2\Theta$ ($Al_2O_3\,3SO_3 + NaOSO_3 + 24HO$), bildet meist seidenartige Fasern und kommt in der Solfatara auf Milo und bei Mendoza in Südamerika vor.

Ammoniakalaun, $AlNH_4(S\Theta_4)_2 + 12H_2\Theta$ ($Al_2O_3\,3SO_3 + NH_4OSO_3 + 24HO$), findet sich im Braunkohlengebirge von Tschermig an der Eger in Böhmen und bildet fettglänzende, querstrahlige Platten.

Magnesiaalaun wird ein am Bosjemanflusse in Süd-Afrika vorkommendes Doppelsalz von schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurer Magnesia ($+ 24H_2\Theta$) genannt. Auch bei Utah am grossen Salzsee, sowie bei Iquique in Peru, findet sich ein derartiges Salz.

Manganalaun und Eisenalaun sind ähnliche Doppelsalze von schwefelsaurer Thonerde mit schwefelsaurem Manganoxydul oder schwefelsaurem Eisenoxydul ($+ 24H_2\Theta$). Der erstere findet sich in der Lagoa-Bai in Südafrika; der letztere bei Mörsfeld in Rheinbayern, sowie bei Urumia in Persien und auf Island.

Alunit, Alaunstein.

Unter Alunit oder Alaunstein versteht man jene Felsmassen oder Gesteine, welche neben anderen Mineralien die Bestandtheile des Alauns enthalten und bei der Behandlung mit Schwefelsäure

auch Alaun liefern. Der Alaunstein findet sich in sehr vielen Varietäten und Graden der Reinheit. In reinstem Zustand stellt er eine farblose, weisse oder gelbliche, glas- oder perlmutterglänzende, durchscheinende Masse vom spec. Gewicht 2,6—2,8 und der Härte 3,5—4 dar. Die Zusammensetzung der reinsten Varietät entspricht der Formel $[AlK(SO_4) + 6Al(OH)_3]$ ($3Al_2O_3SO_3 + KOSO_3 + 6HO$); übrigens ist die Zusammensetzung des Alunits keine constante, und lassen sich daher auch noch andere Formeln für diese Substanz aufstellen.

Die berühmtesten Gruben befinden sich in der Tolfa bei Civitavecchia.

Lömigit unterscheidet sich nur durch seinen Wassergehalt von Alunit.

Gyps.

Der Gyps krystallisirt monoklin und bildet vorzügliche Zwillingsformen. Die krystallographische Untersuchung hat an dem Gyps sehr interessante Resultate ergeben. Der Gyps zeigt blättrigen Bruch mit Perlmutterglanz nach einer Richtung, muscheligen Bruch mit Glasglanz nach der anderen Richtung, und faserigen Bruch mit Seidenglanz nach einer dritten Richtung. Der Habitus der Krystalle ist tafelförmig oder säulenförmig; durch Convexität gewisser Flächen kommen jedoch auch eigenthümliche andere Formen zum Vorschein; so sind die linsenförmigen Krystalle stets von besonderem Interesse gewesen. Die Zwillinge des Gypses sind zweierlei Art. Am häufigsten sind die Zwillinge des Salzgebirges. In diesen Zwillingen liegen die beiden Individuen mit dem muscheligen Bruch an einander, und da sie mit einem Ende aufgewachsen sind, so ragen zwei spitze Octaëder hinaus, die eine gabelförmige Gestalt erzeugen. Man nennt derartige Zwillinge Schwalbenschwanzzwillinge. Die Gypskrystalle sind optisch zweiaxig. Die optischen Axen schneiden sich unter einem Winkel von 60°. Ausser in Krystallen findet sich der Gyps derb in grob- und feinkörnigen Aggregaten (Alabaster) von weisser bis gelblicher Farbe, oder in Platten oder Trümmern von stengeliger und faseriger Zusammensetzung (Fasergyps), schliesslich in schuppigen Aggregaten (Schaumgyps) oder als erdige Masse. Mit dem Namen Fraueneis oder Marienglas bezeichnete man in der Volkssprache die farblosen, durchsichtigen, späthigen Gypsmassen. In früherer Zeit, vor der Erfindung der Glasmacherkunst, benutzte man das Fraueneis oder Marienglas als Material zu Fensterscheiben.

Der Gyps hat je nach seiner Beschaffenheit eine verschiedene Härte und verschiedenes spec. Gewicht. Das spec. Gewicht der

Krystalle ist gleich 2,3, die Härte gleich 1,5—2; die Krystalle sind farblos und durchsichtig, aber häufig auch gelblich, rauchgrau, gelblichgrau, sogar roth bis bluthroth, selten grünlich oder bläulich.

Der Gyps besteht aus wasserhaltigem schwefelsaurem Kalk und hat die Formel $CaSO_4 + 2H_2O$ ($CaO\,SO_3 + 2HO$). Beim Erhitzen wird er trübe, giebt Wasser ab und leuchtet mit blendend weissem Lichte. Auf Kohle mit Soda geglüht, liefert er eine Hepar; Salzsäure löst ihn nicht leicht auf. Durch eine Lösung von kohlensaurem Natron wird er beim Kochen vollständig in kohlensauren Kalk umgewandelt.

Der Gyps ist sehr verbreitet. Gypskrystalle finden sich oft in beträchtlicher Grösse in Höhlungen des Gypsgebirges. Riesige Krystalle hat man bei Friedrichsroda am Thüringer Walde sowie im Muschelkalk des Siweckenberges bei Quedlinburg gefunden. Alabaster findet sich vorzüglich schön in der Schweiz. Berühmt ist der krystallisirte Gyps von Montmartre sowie der von Girgenti und der von Castellina in Toscana.

Der Gyps erfährt als Schmuckgegenstand Anwendung, sowie in Form von Alabaster zur Herstellung von Ornamenten. Sehr bedeutende Mengen von Gyps werden gebrannt und zur Herstellung von Mörtel oder Stuck angewendet. Auch als Düngematerial für Klee ist er geschätzt.

Anhydrit.

Der Anhydrit krystallisirt rhombisch; Krystalle sind jedoch selten. Meist findet er sich derb in grob- oder feinkörnigen bis dichten Aggregaten. Das spec. Gewicht ist gleich 2,8—3, die Härte gleich 3—3,5; er ist farblos oder weiss, aber auch sehr häufig bläulich, blau, röthlich bis fleischroth, sowie grau; zeigt auf einigen Flächen Perlmutterglanz, auf den Spaltungsflächen Glasglanz oder Fettglanz.

Der Anhydrit ist wasserfreier schwefelsaurer Kalk $CaSO_4$ ($CaO\,SO_3$). Das chemische Verhalten stimmt fast vollständig mit dem des Gypses überein.

Er findet sich regelmässig neben Gyps im Steinsalz, welches er in Schnüren oder Adern von verschiedener Stärke durchzieht.

Cölestin.

Der Cölestin krystallisirt rhombisch; findet sich meist in stengeligen, faserigen Aggregaten, aber auch in Platten oder Trümmern von faseriger Structur oder in nierförmigen, körnigen

Massen. Er ist farblos, aber häufig auch gefärbt und zwar bläulich, bläulichgrau, hechtgrau, seltener röthlich. Er besteht aus schwefelsaurem Strontian, $SrSO_4$ ($SrOSO_3$), ist unschmelzbar, unlöslich in allen Säuren. Kochende Lösung von kohlensaurem Kali oder Natron oder schmelzendes kohlensaures Alkali verwandeln ihn in kohlensauren Strontian. Wird er im Reductionsraume der Löthrohrflamme erhitzt, so färbt er die Flamme intensiv carminroth.

Seine Fundorte sind Strontian Island im Huronsee, Meudon und Montmartre bei Paris, Dornburg bei Jena u. a. O.

Schwerspath.

Der Schwerspath krystallisirt rhombisch und bietet eine grosse Mannigfaltigkeit der Formen; auch sind Krystalle nicht selten; meist sind sie zu Drusen vereinigt, doch auch einzeln aufgewachsen. Er ist sehr vollkommen spaltbar, besitzt ein spec. Gewicht von 4,3—4,7, eine Härte gleich 3—3,5; er ist farblos, häufig auch weiss mit einem Stich ins Rothe, auch gelblich, grau, bläulich, grünlich und braun gefärbt. Er besitzt Glas- oder Fettglanz und ist durchsichtig bis durchscheinend.

Der Schwerspath besteht aus schwefelsaurem Baryt, $BaSO_4$ ($BaOSO_3$), enthält jedoch sehr häufig, sogar bis zu 15 Procent, Strontian. Er ist unschmelzbar und unlöslich in allen Säuren.

Seine Fundorte sind zahlreich: Freiberg, Marienberg, Clausthal sowie an anderen Orten im Erzgebirge und im Harz; auch die ausserdeutschen Fundorte sind zahlreich.

Ehe man die bedeutenden Witheritlager im nördlichen England ausbeutete, war der Schwerspath das einzige Material zur Darstellung der Barytpräparate.

Barytocölestin ist eine krystallinische Doppelverbindung von schwefelsaurem Strontian und schwefelsaurem Baryt.

Chalcite.

Die schwefelsauren Chalcite sind von geringerer Wichtigkeit, wir wollen daher auf eine specielle Beschreibung derselben verzichten und uns darauf beschränken, die Namen der wichtigsten nebst ihren Formeln und Krystallformen anzuführen.

Bleivitriol, $PbSO_4$ ($PbOSO_3$), rhombisch (weiss);

Leadhillit, [$PbSO_4 + 3PbCO_3$] ($PbOSO_3 + 3PbOCO_2$), rhombisch;

Linarit, [$PbSO_4 + Cu(OH)_2$] ($PbO\,SO_3 + CuO\,HO$), monoklin,
Structur: $SO_4 < \begin{matrix} Pb - (OH) \\ Cu - (OH) \end{matrix}$;

Brochantit, [$CuSO_4 + 3Cu(OH)_2$] ($CuOSO_3 + 3CuO\,HO$), rhombisch;

Kupfervitriol, [$CuSO_4 + 5H_2O$] ($CuOSO_3 + 5HO$), triklin;

Zinkvitriol, [$ZnSO_4 + 7H_2O$] ($ZnOSO_3 + 7HO$), rhombisch;

Eisenvitriol. [$FeSO_4 + 7H_2O$] ($FeOSO_3 + 7HO$), monoklin;

Coquimbit, [$Fe_2(SO_4)_3 + 9H_2O$] ($Fe_2O_3\,3SO_3 + 9H_2O$), hexagonal;

Gelbeisenerz, [$2FeK(SO_4)_2 + FeSO_4HO + 5Fe(OH)_3 + H_2O$] ($4(Fe_2O_3SO_3) + KOSO_3 + 9HO$), amorph.

D. Phosphate.

Haloide.

Apatite.

Mit dem Namen **Apatit** bezeichnet man eine ganze Gruppe von Mineralien, die sich lediglich durch geringe Abweichungen in ihrer Zusammensetzung von einander unterscheiden.

Die Apatite krystallisiren hexagonal und ihre Krystalle haben entweder einen kurz säulenförmigen oder dick tafelförmigen Habitus. Meist sind dieselben zu Drusen vereinigt, seltener einzeln aufgewachsen oder eingewachsen. In grossen Massen finden sie sich in feinkörnigen bis dichten Aggregaten. Das spec. Gewicht ist gleich 3,16—3,22, die Härte gleich 5. Die Apatite sind farblos oder weiss, häufig aber auch grün, spargelgrün (**Spargelstein**), roth, bläulich, bläulichgrün (**Moroxit**) gefärbt; sie sind durchsichtig bis kantendurchscheinend.

Die Apatite enthalten Kalk, Phosphorsäure und Chlor oder Fluor als Hauptbestandtheile, in kleineren Mengen auch Eisenoxyd, Thonerde, Alkalien und Wasser. Nach ihrer Zusammensetzung kann man die Apatite eintheilen in:

Chlorapatit, dessen Zusammensetzung der Formel [$3Ca_3(PO_4)_2 + CaCl_2$] ($3(3CaO.PO_5) + CaCl$),

Fluorapatit, dessen Zusammensetzung der Formel [$3Ca_3(PO_4) + CaFl_2$] ($3(3CaO.PO_5) + CaFl$),

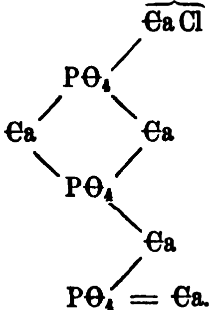
Chlorfluorapatit, dessen Zusammensetzung der Formel

$\left[3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{Ca}\begin{Bmatrix}\text{Cl}_x\\\text{Fl}_y\end{Bmatrix}\right]$ $\left(3(3\text{CaO}.\text{PO}_5) + \text{Ca}\begin{Bmatrix}\text{Cl}_u\\\text{Fl}_v\end{Bmatrix}\right)$, (worin $x+y = 2$ und $u + v = 1$), entspricht.

Betrachtet man die Apatite als wahre chemische Verbindungen und nicht als doppelsalzartige Molecülverbindungen, so wird man ihnen die Formeln

$$(\text{PO}_4)_3\ \text{Ca}_4\ \overline{\text{Ca}\,\text{Cl}},$$
$$(\text{PO}_4)_3\ \text{Ca}_4\ \overline{\text{Ca}\,\text{Fl}},$$
$$(\text{PO}_4)_3\ \text{Ca}_4\ \text{Ca}\begin{Bmatrix}\text{Cl}_x\\\text{Fl}_y\end{Bmatrix}$$

(worin $x + y = 1$) geben müssen. Die chemische Structur dieser Verbindungen wird durch folgende Formel veranschaulicht:



Die Verbindung ist also ein Salz der Phosphorsäure, welches sich von drei Molecülen Phosphorsäure ableitet, deren neun Wasserstoffatome zum Theil durch Calciumatome, zum Theil durch die einwerthige Gruppe CaCl, in dem Chlorapatit, und CaFl, in dem Fluorapatit. vertreten sind. Die Chlorfluorapatite sind alsdann als isomorphe Mischungen der beiden ersten Varietäten zu betrachten.

Die Apatite sind nur in dünnen Blättchen und sehr schwer zu einem farblosen, durchscheinenden Glase schmelzbar. Phosphorsalz löst sie leicht auf, Borax nur langsam; das Phosphorsalz wird bei starker Sättigung milchweiss, die Boraxperle schon bei geringer Sättigung. Mit Schwefelsäure befeuchtet, färben sie die Löthrohrflamme grünlich. Salzsäure löst sie leicht und vollständig auf. Mit concentrirter Schwefelsäure übergossen, entwickeln die Fluorapatite Fluorwasserstoff, der Glas ätzt.

Reiner Chlorapatit kommt nur bei K r a g e r ö e vor. Fluorapatit ist ebenfalls sehr selten, er findet sich bei E h r e n f r i e d e r s d o r f; dagegen sind die Chlorfluorapatite nicht allein sehr verbreitet, sondern sie kommen auch an einigen Orten in sehr grosser Menge

vor. Diese letzteren finden sich vorzüglich auf Zinnerzgängen bei Ehrenfriedersdorf, Zinnwald, in Cornwall, am Gotthard, in Tyrol, bei Arendal und Snarum in Norwegen, bei Krageröe, Freiberg, am Gabo de Gata, Hammond in New-York. Ein sehr bedeutendes Lager ist bei Hurdstown in New-Yersey; in grossen mächtigen Krystallen, in körnigem Kalkstein bei Burgess und Elmsley in Canada, sowie im Ural bei Miosk und am Baikalsee (Lasurapatit, wegen seiner blauen Farbe).

Theilweise zersetzte Apatite sind der Hydroapatit aus den Pyrenäen und der Pseudoapatit vom Churprinz bei Freiberg.

Phosphorit bildet schalige, erdige Massen, welche mikrokrystallinisch sind, und ist wohl hauptsächlich entstanden durch theilweise Zersetzung des Apatits. Der Phosphorit bildet Lager von mehreren Fuss Dicke im Granit und Thonschiefer, aber nur in der Mitte dieser Lager ist der Phosphorit rein. Bei Amberg kommt er in traubigen, nierförmigen, gelben Knollen vor, welche auf Eisenerz liegen.

Als besondere Arten von Phosphorit unterscheidet man neben dem gewöhnlichen Phosphorit den Oesteolith und den Sombrerit.

Der Oesteolith findet sich in der Wetterau als ein weisses, feinerdiges bis dichtes Zersetzungs- und Ausscheidungsproduct in vulkanischen Gesteinen. Bei Schönwalde in Böhmen bildet er zolldicke Lager zwischen Basalt.

Sombrerit hat seinen Namen von der kleinen Insel Sombrero am nördlichen Ende der kleinen Antillen, wo er von Guano überdeckte Lager bildet.

Der Phosphorit besteht im Wesentlichen aus neutralem (oder basischem) phosphorsaurem Kalk, $Ca_3(PO_4)_2$ ($3CaO.PO_5$), enthält in der Regel jedoch verschiedene Mengen anderer Bestandtheile, häufig z. B. kohlensauren Kalk. Das chemische Verhalten gleicht dem der Apatite. Eins der grössten Lager von Phosphorit, welches erst seit wenigen Jahren bekannt ist, ist das in der Nähe von Staffel bei Limburg an der Lahn. Dort bildet der Phosphorit in einzelnen Stücken hellgrüne, durchscheinende, traubige oder nierförmige Massen, die, ausser 5—10 Procent kohlensauren Kalk, aus phosphorsaurem Kalk bestehen (Staffelit).

Apatit sowohl wie Phosphorit findet ausgedehnte Anwendung als Düngematerial. Nachdem derselbe durch Schwefelsäure aufgeschlossen worden, kann er direct dem Ackerboden beigemengt werden. In Krageröe und neuerdings in Staffel werden bedeutende Quantitäten Phosphorit zu diesem Zwecke gewonnen. Das enorme Lager bei Staffel, welches eine Ausdehnung von 24 Quadrat-

meilen 'haben soll, lieferte allein im Jahre 1867 eine Million Centner.

Talkapatit ist eine Verbindung von phosphorsaurem Kalk und phosphorsaurer Magnesia, die nach der Formel $[3Ca_3(PO_4)_2 + Mg_3(PO_4)_2]$ $(3(3CaO.PO_5) + 3MgO.PO_5)$ zusammengesetzt ist, den Apatiten nahe verwandt. Er ist isomorph mit Apatit, übrigens viel seltener. Er findet sich im Ural.

Wagnerit steht den Apatiten noch näher. Er krystallisirt monoklin. Er hat eine Zusammensetzung nach der Formel $[Mg_3(PO_4)_2 + MgFl_2]$ $(3MgO.PO_5 + MgFl)$ und seine chemische Structur wird durch das nachfolgende Schema dargestellt:

$$Mg = PO_4 - \overset{\frown}{MgFl}.$$

Struvit gehört ebenfalls zu dieser Gruppe von Mineralien. Er krystallisirt rhombisch, hauptsächlich in hemiëdrischen Formen. Er ist wasserhaltige, phosphoraure Ammoniak-Magnesia und hat die Formel $MgNH_4PO_4 + 6H_2O$ $(2MgO.NH_4OPO_5 + 12HO)$. Er findet sich im Guano und ist in besonders schönen Krystallen in den Abzugscanälen der Kaserne zu Dresden, sowie in einer Moorerde unter der Nicolaikirche in Hamburg gefunden worden.

Thonerdephosphate.

Unter den Thonerdephosphaten ist vor Allem der Wawellit zu nennen. Derselbe krystallisirt rhombisch und ist mikrokrystallinisch. In der Regel bildet er halbkugelige oder nierförmige Aggregate mit radialfaseriger Structur und drusiger Oberfläche. Sein spec. Gewicht ist gleich 2,3—2,5, seine Härte 3,5—4; er ist farblos, gelblich oder grau, manchmal grün oder blau; er besitzt Glasglanz und ist durchscheinend.

Er besteht im Wesentlichen aus basisch phosphorsaurer Thonerde und hat die Formel $[2AlPO_4 + Al(OH)_3 + 4^1/_2H_2O]$ $(2Al_2O_3PO_5 + Al_2O_3 + 12HO)$. Die Structur der Verbindung wird durch das nachfolgende Schema dargestellt:

$$\begin{array}{l} PO_4 = Al - (OH) \\ \quad = \quad Al - (OH) + 4^1/_2H_2O \\ PO_4 = Al - (OH). \end{array}$$

Häufig enthält der Wawellit geringe Beimengungen von Fluor. Beim Erhitzen giebt er Wasser ab, nach dem Befeuchten mit Schwefelsäure färbt er die Flamme bläulichgrün. Säuren, wie auch Alkalien lösen ihn auf.

Er findet sich bei **Freiberg**, **Beraun**, **Amberg**, in **Devonshire** und in **Pennsylvanien**.

Die anderen Thonerdephosphate sind:

Kallaït, $[AlPΘ_4 + Al(ΘH)_3 + H_2Θ]$ oder $[PΘ_4(AlΘ)(AlΘH) + 2H_2Θ]$ $(Al_2O_3PO_5 + Al_2O_3 + 5HO)$; dessen Structur wird durch das Schema

$$(AlΘ) - PΘ_4 = Al - (ΘH) + 2H_2Θ$$

dargestellt. Der Kallaït kommt nur derb und unkrystallinisch vor; er ist himmelblau oder berggrün. Unter dem Namen **Türkis** kommt er aus dem Orient, wo er sich zwischen **Nischapur** und **Meschhed** findet, und wird als Edelstein verkauft.

Peganit, $[AlPΘ_4 + Al(ΘH)_3 + 1^1/_2H_2Θ]$ oder $[PΘ_4(AlΘ)(AlΘH) + 3^1/_2H_2Θ]$ $(Al_2O_3PO_5 + Al_2O_3 + 6HO)$.

Fischerit, $[AlPΘ_4 + Al(ΘH)_3 + 2^1/_2H_2Θ]$ oder $[PΘ_4(AlΘ)(AlΘH) + 3^1/_2H_2Θ]$ $(Al_2O_3PO_5 + Al_2O_3 + 8HO)$;

Variscit, $[AlPΘ_4 + 2Al(ΘH)_3 + 6H_2Θ]$ oder $[PΘ_4(AlΘ)_3 9H_2Θ]$ $(Al_2O_3PO_5 + 2Al_2O_3 + 18HO)$.

Chalcite.

Da die Chalcite unter den Phosphaten nur geringe Wichtigkeit haben, so begnügen wir uns mit einer einfachen Aufzählung einiger der häufiger vorkommenden.

Pyromorphit (Grün- oder Braunbleierz, z. Th. Buntbleierz, Polychrom) ist den Apatiten analog. Er krystallisirt wie diese hexagonal. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel:

$$[(PΘ_4)_3Pb_4PbCl]\ (3(3PbO.PO_5) + PbCl).$$

Zuweilen ist ein Theil der Phosphorsäure durch die isomorphe Arsensäure ersetzt.

Triplit (Eisenpecherz) und **Zwieselit** (Eisenapatit) sind ähnlich zusammengesetzt und gleichen etwas den Apatiten. Beide sind phosphorsaure Salze des Eisenoxyduls und Manganoxyduls, verbunden mit Chloriden und Fluoriden. Sie entsprechen der allgemeinen Formel:

$$[\overset{II}{R}_3(PΘ_4)_2 + \overset{II}{R}Fl_2]\ (3RO.PO_5 + RFl).$$

Ihre Structur wird durch das Schema

$$\overset{II}{R} = (PΘ_4) - \overset{II}{R}Fl,$$

dargestellt, worin $\overset{II}{R}$ sowohl Oxyduleisen $\overset{II}{Fe}$ als auch Oxydulmangan $\overset{II}{Mn}$ bedeuten kann. Auch **Grüneisenstein**, sowie **Hureaulit** sind Eisenmanganphosphate.

Triphylin ist ein Phosphat des Oxyduleisens und des Lithiums und hat die Formel $\overset{II}{Fe}LiP\Theta_4$ ($2FeO.LiO PO_5$).

Vivianit, ist normales phosphorsaures Eisenoxydul und hat die Formel $[Fe_3(P\Theta_4)_2 + 8H_2\Theta]$ ($3FeO.PO_5 + 8HO$).

Der Vivianit krystallisirt monoklin und bildet farblose, meist aber indigblaue, säulenförmige Krystalle. Der krystallisirte Vivianit kommt auf Gängen des Thonschiefers von Cornwall und im Granit von Bodenmais vor. In Nadeln krystallisirt, findet er sich in den Höhlen der Steinkohlenschlacken eines unterirdischen Brandes bei Commentry und Crausac in Frankreich; bei Kertsch in der Krimm füllt er in Form einer erdigen Masse weissschalige Muscheln aus.

Lunnit, Phosphorchalcit, ist basisch phosphorsaures Kupferoxyd und hat die Formel $[Cu_3(P\Theta_4)_2 + 3Cu(\Theta H)_2]$ ($3CuO.PO_5 + 3CuO + 3HO$) und seine Structur wird durch das nachfolgende Schema dargestellt:

$$(P\Theta_4)\begin{cases} Cu - (\Theta H) \\ Cu - (\Theta H) \\ Cu - (\Theta H). \end{cases}$$

Libethenit ist gleichfalls basisch phosphorsaures Kupferoxyd und hat die Formel $[Cu_2(P\Theta_4)_2 + Cu(\Theta H)_2]$ ($3CuO.PO_5 + CuO + HO$), und seine Structur wird durch das nachfolgende Schema dargestellt:

$$Cu = (P\Theta_4) - Cu - (\Theta H).$$

E. Arseniate.

Die Arseniate sind ohne Ausnahme ohne praktisches Interesse, wir beschränken uns daher hier auf eine kurze Anführung der wichtigsten. Die Stibiate oder Antimoniate sind noch seltener und können füglich hier übergangen werden.

Haidingerit, rhombisch, farblos, durchsichtig und durchscheinend. Giebt Wasser beim Erhitzen und löst sich leicht in Säuren. Auf Kohle giebt er Arsengeruch. Die Formel ist $CaHAs\Theta_4 + H_2\Theta$ ($2CaO.HOAsO_5 + HO$). Er ist sehr selten; findet sich bei Joachimsthal.

Pharmakolith, monoklin, in traubigen, nierförmigen Aggregaten, meist in Krusten von radialfaseriger Structur; farblos, weiss, perlmutterglänzend. Er zeigt die Reactionen des Haidingerits. Die Formel ist $CaHAs\Theta_4 + 1^1/_2H_2\Theta$ ($2CaO.HOAsO_5$ +

$2^1/_2 HO$). Findet sich bei Joachimsthal, Andreasberg, Wittichen, Riechelsdorf, Glücksbrunn, Markirchen.

Mimetesit, Grünbleierz, hexagonal, farblos oder gelb bis grün, hat Fettglanz oder Diamantglanz. Er schmilzt auf Kohle, giebt ein Bleikorn und Arsengeruch. Löslich in Salpetersäure und in Kalilauge. Er ist den Apatiten analog constituirt und hat demnach die Formel [$3Pb_3(AsO_4)_2 + PbCl_2$] ($3(3PbO.AsO_5) + PbCl$). Die Structur wird durch das nachfolgende Schema dargestellt:

$$
\begin{array}{l}
\qquad\qquad\qquad\qquad \overbrace{PbCl}^{1} \\
Pb \left< \begin{array}{l} (AsO_4) / \\ (AsO_4) \end{array} \right> Pb \\
Pb \left< \begin{array}{l} \\ (AsO_4) = Pb. \end{array} \right.
\end{array}
$$

Ein Theil der Arsensäure ist manchmal durch Phosphorsäure vertreten. Er findet sich in Johanngeorgenstadt, Zinnwald, Badenweiler, Mexico und Pennsylvanien.

Abichit, Strahlerz, monoklin, grün und blau, perlmutterglänzend und glasglänzend. Er ist basisch arsensaures Kupfer, und entspricht dem Lunnit; giebt beim Erhitzen Wasser ab, auf Kohle Kupferflitter und Arsengeruch. Seine Formel ist $(CuOH)_3 AsO_4$ ($3CuO.AsO_5 + 3CuO + 3HO$). Seine Constitution wird durch das nachfolgende Schema dargestellt:

$$
(AsO_4) \left< \begin{array}{l} Cu - (OH) \\ Cu - (OH) \\ Cu - (OH). \end{array} \right.
$$

Er findet sich in Cornwall, Devonshire und bei Saida in Sachsen.

Olivenit, Pharmakochalcit, rhombisch, lauch-, oliven- bis schwärzlichgrün; glas-, fett- und seideglänzend. Verhält sich wie Strahlerz. Seine Formel ist $Cu(\overline{CuOH})AsO_4$ ($3CuO.AsO_5 + CuO + HO$); die Structur ist der des Libethenits entsprechend:

$$
Cu = (AsO_4) - Cu - (OH).
$$

Er findet sich in Cornwall, Cumberland, bei Zinnwald und Nischne-Tagilsk.

Arseniosiderit, mikrokrystallinisch, bildet kugelige Aggregate von faseriger Structur, ist bräunlichgelb, an der Luft dunkler werdend. Er enthält Kalk, Eisenoxyd und Arsensäure und hat die Formel [$FeCa_3(AsO_4)_3 + 2Fe(OH)_3$] ($3CaO.AsO_5 + Fe_2O_3AsO_5 + 2Fe_2O_3 + 6HO$). Er schmilzt leicht, giebt auf Kohle Arsengeruch; Salzsäure löst ihn leicht vollständig auf.

Er findet sich auf Manganerz zu Romanèche bei Macon.

Pharmakosiderit, Würfelerz, regulär, in hemiëdrischen Formen; grün, gelb, braun; diamant- bis fettglänzend. Er verhält sich wie der vorige. Seine Formel ist $[3FeAs\Theta_4 + Fe(\Theta H)_3 + 6H_2\Theta]$ $(3Fe_2O_3AsO_5 + Fe_2O_3 + 15HO)$. Er findet sich in Cornwall, bei Schwarzenberg, in der Wetterau, im Schwarzwald und im goldführenden Quarze von Victoria in Australien.

Skorodit, ist rhombisch krystallisirtes, neutrales, arsensaures Eisenoxyd, $FeAs\Theta_4 + 2H_2\Theta$ $(Fe_2O_3AsO_5 + 4HO)$, der sich bei Schwarzenberg in Sachsen, bei Lölling in Kärnten u. a. O. findet.

Annabergit, Nickelocker, Nickelblüthe, ist mikrokrystallinisches, neutrales arsensaures Nickeloxydul, $Ni_3(As\Theta_4)_2 + 8H_2\Theta$ $(3NiO.AsO_3 + 8HO)$. Er ist apfelgrün bis grünlichweiss, matt oder schimmernd. Er scheint ein Zersetzungsproduct nickelhaltiger Kiese zu sein. Er findet sich bei Annaberg, Schneeberg, Saalfeld, Riechelsdorf, Allemont und in der Sierra Cabrera.

Erithrin, Kobaltblüthe, ist monoklin krystallisirtes, mit Vivianit und wahrscheinlich auch mit Annabergit isomorphes, neutrales arsensaures Kobaltoxydul, $Co_3(As\Theta_4)_2 + 8H_2\Theta$ $(3CoO.AsO_5 + 8HO)$. Es kommt meist in Gemeinschaft mit Annabergit vor.

F. Borate.

Borax.

Der Borax krystallisirt monoklin; die Krystalle bilden in der Regel geschobene Säulen. Zwillingskrystalle sind nicht selten. Er ist klinodiagonal spaltbar; der Bruch ist muschelig; das spec. Gewicht ist gleich 1,7—1,8, die Härte gleich 2—2,5. Die Farbe ist graulichweiss, etwas ins Grünliche spielend. Er besitzt Fettglanz und ist durchsichtig. Der Borax ist optisch zweiaxig.

Der Borax ist saures borsaures Natron und kommt ihm die Formel $Bo_4\Theta_7Na_2 + 10H_2\Theta$ $(NaO_2BoO_3 + 10HO)$. Er ist also das Natronsalz der Säure $Bo_4O_7H_2$, welche als aus vier Molecülen Borsäure unter Austritt von fünf Molecülen Wasser gebildet gedacht werden kann, gemäss folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Borsäure.}}{4Bo(\Theta H)_3} = Bo_4\Theta_7H_2 + 5H_2\Theta$$

Die chemische Structur dieser Säure und ihres Natronsalzes,

des Boraxes, kann durch die nachfolgenden Schemata veranschaulicht werden:

$$
\begin{array}{l}
\qquad\quad /(\Theta H) \\
\Theta < {Bo \atop Bo} > \Theta \\
\Theta < Bo \\
\Theta < {Bo \atop Bo} > \Theta \\
\qquad\quad \backslash(\Theta H)
\end{array}
\quad . \text{oder} \quad
\begin{array}{l}
\Theta = Bo > \Theta \\
\Theta < {Bo \geq \Theta \, (\Theta H) \atop Bo > \Theta \, (\Theta H);} \\
\Theta = Bo
\end{array}
$$

Borsäure des Boraxes

$$
\begin{array}{l}
\qquad\quad /(\Theta Na) \\
\Theta < {Bo \atop Bo} > \Theta \\
\Theta < Bo \\
\Theta < {Bo \atop Bo} > \Theta \\
\qquad\quad \backslash(\Theta Na)
\end{array}
\quad \text{oder} \quad
\begin{array}{l}
\Theta = Bo > \Theta \\
\Theta < {Bo \geq \Theta \, (\Theta Na) \atop Bo > \Theta \, (\Theta Na)} \\
\Theta = Bo
\end{array}
$$

Borax.

Meistens ist der Borax verunreinigt durch seifenartige oder fette Materie. Beim Liegen an der Luft verwittert er oberflächlich und wird undurchsichtig. In der Hitze verknistert er, bläht sich stark auf, giebt Wasser ab und schmilzt schliesslich unter zeitweiliger Schwärzung zu einem klaren farblosen Glase. Nach dem Befeuchten mit conc. Schwefelsäure färbt er wie alle Borate die Löthrohrflamme grün.

Der Borax kommt am Rande mehrerer tibetanischer Seeen mit Steinsalz gemengt vor; er wird dort gewonnen und kommt unter dem indischen Namen Tinkal in den Handel. Auch in Californien hat man ihn auf den Boden eines seichten Sees gefunden.

Boracit.

Der Boracit krystallisirt regulär und bildet meist Krystalle, an welchen die Würfelflächen vorherrschen; häufig sind gut ausgebildete Granatoëder; hemiëdrische Formen sind die Regel.

Unter dem Namen Würfelstein ist der Boracit schon lange bekannt. Das spec. Gewicht ist gleich 2,9—3, die Härte gleich 7; er ist farblos, graulich, grünlich, aber immer hell gefärbt; er besitzt Glasglanz. Die Würfelsteine von Lüneburg haben vier thermoelectrische Axen, welche den vier Dimensionen von Würfelecke zu Würfelecke entsprechen.

Der Boracit ist nach der Formel $[2(BO_4 \Theta_{15} Mg_3) + MgCl_2]$

$(2(3MgO.3BoO_3 + MgCl))$ (?) zusammengesetzt. Etwas Magnesium ist stets durch Oxyduleisen ersetzt.

Sein Verhalten in der Hitze ist dem des Boraxes ähnlich. Er giebt nach dem Schmelzen ein emailweisses Glas.

Der Boracit findet sich bei Lüneburg und Segeberg, im Anhydrit und Gyps.

Im Stassfurter Steinsalzlager kommt ein als Stassfurtit bezeichneter dichter Boracit vor.

Borocalcite.

Borocalcit, $[Bo_4 O_7 Ca + 6H_2O]$ $(CaO\,2BoO_3 + 6HO)$; Boronatrocalcit, $[Bo_5 O_9 Ca Na + 7\frac{1}{2} H_2O]$ $(2CaO\,2BoO_3 + NaO\,BoO_3 + 15HO)$; Hydroboracit, $[3(BoO_2)_2 Ca + 2Bo(OH)_3 + 6H_2O]$ $(3CaO\,BoO_3 + BoO_3 + 9HO)$ sind seltenere Borate; der letztere kommt im Kaukasus, die beiden ersten in Chile und Peru vor.

G. Chromate, Molybdate, Wolframate.

Von dieser ganzen Gruppe von Mineralien seien hier genannt:

Rothbleierz, Krokoit, monoklin, hyazintroth bis morgenroth; $PbCrO_4$ $(PbOCrO_3)$; in Russland, Brasilien und auf der Insel Luzon.

Gelbbleierz, Wulfenit, quadratisch, farblos, gelb in verschiedenen Nüancen; $PbMoO_4$ $(PbO\,MoO_3)$; in Bleiberg, Zinnwald, Badenweiler, Galizien, Mexico, Pennsylvanien.

Scheelit, Schwerstein, quadratisch, farblos, grau, braun, roth, $CaWO_4$ $(CaO\,WO_3)$; in Sachsen, Riesengebirge, Harz, besonders bei Traversella.

Scheelbleierz, Stolzit, Wolframbleierz, quadratisch, grau, braun, grün, roth; $PbWO_4$ $(PbO\,WO_3)$; in Zinnwald, Kärnten, Chile.

Wolfram, monoklin; braunschwarz. Zusammengesetzt nach der allgemeinen Formel RWO_4 $(ROWO_3)$, worin R bedeuten kann Fe oder Mn; in Zinnwald, Ehrenfriedersdorf, Geyer, Schlaggenwalde, am Harze, in Cornwall, Sibirien und bei Katharinenburg.

II. Silicate.

I. Silicate zweiwerthiger Metalle.

a) Wasserfreie Silicate.

α) Gruppe des Olivins.

Olivin.

Der Olivin krystallisirt rhombisch und bildet in seinen verschiedenen Varietäten mannigfaltige Combinationen. Der Habitus der Krystalle ist meist säulenförmig; dieselben sind eingewachsen oder zu Drusen und Haufwerken vereinigt, in der Regel im Basalt. Die Härte des Olivins ist gleich 7, das spec. Gewicht gleich 3,35. Der Bruch ist muschelig, die Farbe olivengrün. Es ist durchsichtig bis durchscheinend.

Die chemische Zusammensetzung entspricht nach vielen Analysen der Formel $\overset{\text{II}}{R}_2 Si \Theta_4$ ($2RO.SiO_2$), worin $\overset{\text{II}}{R}$ in der Regel Magnesium oder Oxyduleisen, seltener Oxydulmangan oder Calcium ist. Einige Olivine enthalten kleine Mengen von Thonerde; auch Phosphorsäure und Fluor hat man, jedoch äusserst selten, gefunden, dagegen sind Nickel und Zinnoxyd, sowie Titansäure, häufige, wenn auch der Menge nach sehr geringe, Bestandtheile des Olivins.

Der Olivin schmilzt nicht vor dem Löthrohr und bleibt überhaupt fast unverändert. Von Salzsäure wird er nicht angegriffen, dagegen von Schwefelsäure unter Abscheidung einer Gallerte von Kieselsäure vollständig zersetzt.

Die verschiedenen Varietäten des Olivins sind: Der Chrysolith, der schön grün gefärbt ist und vielfach verschliffen wird, um als Schmuckstein zu dienen; namentlich sind es die klaren, orientalischen und brasilianischen Chrysolithe, welche diese Verwendung erfahren.

Hyalosiderit, der eine bedeutende Menge von Eisen (bis 30 Procent $Fe\Theta$) enthält.

Forsterit und Boltonit sind dem Chrysolith sehr ähnlich, ebenso wie der Montevellit.

Glinkit ist eine derbe Varietät von Olivin.

Eine schön krystallisirte Verbindung von der Zusammensetzung des Olivins bildet sich beim Eisenfrischprocesse. Die hierbei gewonnene Schlacke, die Eisenfrischschlacke, ist den krystallisirten Varietäten des Olivins sehr ähnlich.

Im Laufe der Zeit erleidet der Olivin Zersetzung; er wird

dann matt, undurchsichtig und gelb bis gelbbraun. Bedeutende Mengen von Serpentin haben sich durch Zersetzung des Olivins gebildet.

Das Vorkommen des Olivins ist sehr verbreitet. In der Regel findet er sich in Basalten. Interessant ist sein Vorkommen in einigen Meteoriten.

Zur Gruppe des Olivins gehören unter anderen noch folgende seltenere Silicate:

Batrachit, Chodrodit (enthält bedeutende Mengen von Fluor), Humit und Tephroit.

β) Gruppe des Augits.

Wollastonit.

Wollastonit, Tafelspath, krystallisirt monoklin und bildet, wie das sein Name schon andeutet, tafelförmige Krystalle. Er ist nach zwei Richtungen vollkommen spaltbar; sein spec. Gewicht ist gleich 2,78—2,90, seine Härte gleich 4,5—5. Meist ist er röthlich, gelblich oder grauweiss, jedoch kommen auch farblose Krystalle vor. Seine Bestandtheile sind Kieselsäure und Kalk, und kommt ihm die Formel $CaSiO_3$ ($CaOSiO_2$) zu. Im Löthrohrfeuer schmilzt er an den Kanten zu einer halbklaren Perle.

Salzsäure zersetzt ihn unter Abscheidung gelatinöser Kieselsäure.

Der Wollastonit findet sich im Kalkspath bei Auerbach an der Bergstrasse, sowie im Banat, mit Granat zusammen in den Auswürflingen des Vesuvs. Ausserdem kommt er an verschiedenen anderen Orten vor.

Augit.

Augit, Pyroxen, nennt man eine Mineralspecies, welche sowohl durch ihre höchst interessante Krystallform, als auch durch die Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung hervorragend ist.

Der Pyroxen krystallisirt monoklin, und die Krystalle haben in der Regel einen säulenförmigen Habitus, selten sind sie tafelförmig; meist einzeln aufgewachsen oder zu Drusen vereinigt eingewachsen; es findet sich der Pyroxen jedoch auch derb, in körnigen Aggregaten. Sein spec. Gewicht ist gleich 2,8—3,5, seine Härte gleich 4—6. Er ist ziemlich durchsichtig. Seine Farbe ist in den einzelnen Varietäten sehr verschieden, ebenso sein Glanz,

Die chemische Zusammensetzung lässt sich durch die Formel $[CaSiO_3 + \overset{II}{R}SiO_3]$ ($CaOSiO_2 + ROSiO_2$) ausdrücken, worin $\overset{II}{R}$ entweder Oxyduleisen, Magnesium oder Oxydulmangan sein kann. Viele Varietäten enthalten jedoch auch Thonerde oder Eisenoxyd oder beide zugleich und es liesse sich für diese die Formel $[n\overset{II}{R}SiO_3 + \overset{III}{R}_2O_3]$ aufstellen, in welche $\overset{II}{R}$, Calcium, Magnesium, Oxyduleisen oder Oxydulmangan, und $\overset{III}{R}$, Oxydeisen oder Aluminium bedeuten kann. Calcium, resp. $CaSiO_3$, ist constanter Bestandtheil und abgesehen von diesem, könnte man die Pyroxene eintheilen in Magnesiapyroxene, Magnesia-Eisenpyroxene und Eisenpyroxene.

Die Pyroxene schmelzen in der Löthrohrflamme meist ruhig zu einem farblosen oder einem grauen, grünen oder schwarzen Glase. Säuren zersetzen sie nur sehr unvollständig.

Die einzelnen Varietäten sind folgende:

Basaltischer Augit, schwarze Krystalle in Basalttuffen oder Laven; enthält bis 7 Proc. Thonerde. Findet sich auch im Meteorstein von Juvenas.

Gemeiner Augit, dunkelgrün bis rabenschwarz; enthält ungefähr gleichviel Eisen und Magnesium. Ihm verwandt sind Jeffersonit (New-Yersey) der Zinkoxyd enthält, Hedenbergit von (Tunaberg), der kein Magnesium, dagegen 28 Proc. FeO enthält, Kokkolith (Südschweden), lauchgrün, Fassait (Traversella) dunkelgrün, und Baikalit (Sludjenka am Baikalsee).

Diopsid, grüne, durchsichtige, klare Krystalle, die nur Calcium und Magnesium enthalten und die Formel $[CaSiO_3 + MgSiO_3]$ haben, findet sich im Serpentin der Alp de la Mussa in Piemont.

Salit, berggrüne strahlige Massen, von der Zusammensetzung des Diopsids bildend, und Malakolith, finden sich in Schweden, sowie in der Mussa Alp und im Fichtelgebirge.

Akmit, bildet lange Strahlen, die bei Eger in Böhmen im Quarz eingewachsen sind. Es enthält Natron.

Rother Mangankiesel, Rhodonit, gehört gleichfalls hierher. Er bildet rosarothe, feinkörnige Massen und besteht aus kieselsaurem Manganoxydul. Der rothe Commingtonit und der rabenschwarze Aegirin sind Varietäten.

Sehr nahe verwandt ist den Pyroxenen oder Augiten der Diallag oder Blätteraugit, dessen wichtigste Varietät der Hypersthen ist. Dieser bildet stark glänzende, sehr harte

Krystalle, die gewöhnlich eine braune Farbe besitzen und deren spec. Gewicht gleich 3,4, deren Härte gleich 6 ist. Der Hypersthen hat die Formel $[MgSi\Theta_3 + FeSi\Theta_3]$ $(MgOSiO_2 + FeOSiO_2)$; er enthält häufig Titan. Er schmilzt in der Löthrohrflamme mehr oder weniger leicht zu einem grünlich schwarzen, manchmal magnetischen Glase. Säuren greifen ihn nicht an. Seine Fundorte sind die St. Paulsinsel und die Küste von Labrador, im Hypersthenfels von Elfdalen, in Farsund, im Harz, bei Penig, New-York und Canada.

Der eigentliche Diallag zeigt einen besonderen blättrigen Bruch, hat ein spec. Gewicht gleich 3,2 — 3,4 und eine Härte gleich 4—5. Er schmilzt vor dem Löthrohr, jedoch schwerer als Augit. Er ist grasgrün (Smaragdit), oder broncefarbig. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $\left.\begin{matrix}Mg_3\\ \Theta a_2\\ Fe\end{matrix}\right\} Si\Theta_3$ $(3MgO + 2CaO + FeO)\ SiO_2$.

Nach neueren Untersuchungen ist der Diallag als ein Gemenge des Augits mit der demselben so nahe verwandten Hornblende aufzufassen. Er ist übrigens, da wo er krystallisirt vorkommt, isomorph mit Pyroxen.

Omphacit, Enstatit und Grunerit sind dem Diallag nahe verwandt.

Hornblende.

Hornblende oder Amphibol ist der Name einer dem Augit in ihrem mineralogischen Verhalten und in ihrer chemischen Zusammensetzung sehr nahe stehenden Mineralspecies. Die Hornblende krystallisirt, wie der Augit, monoklin; die Krystalle finden sich sowohl eingewachsen, als auch aufgewachsen und zu Drusen vereinigt. Zwillingskrystalle sind nicht selten. Der Unterschied vom Augit liegt wesentlich in der Verschiedenheit der Krystallform der beiden Species, sowie in einigen anderen physikalischen Verhältnissen.

Die Hornblende findet sich ferner häufig derb und eingesprengt, sowie in Aggregaten von faseriger, strahliger oder körniger Textur. Das spec. Gewicht ist gleich 2,8—3,2, die Härte gleich 5—6. Die Hornblende kommt mit weisser oder grüner Farbe oder schwarz vor.

Die chemische Zusammensetzung ist sehr wechselnd, doch lässt sich die allgemeine Formel $[n\overset{II}{R}Si\Theta_3 + \overset{III}{R}_2\Theta_3]$ $(nROSiO_2 + R_2O_3)$ aufstellen, worin $\overset{II}{R}$ Calcium, Magnesium oder Oxyduleisen,

$\overset{III}{R}$ Aluminium oder Oxydeisen sein kann. In vielen Hornblenden ist die Menge von $\overset{III}{R}_2\Theta_3$ verschwindend klein, in anderen fehlt dieses Oxyd gänzlich. Mit dem Fehlen von $\overset{III}{R}_2\Theta_3$ stehen wichtige physikalische Eigenschaften im Zusammenhange, so ist die thonerdefreie Hornblende in der Regel hell gefärbt, während die thonerdehaltigen Arten fast alle schwarz sind und gleichzeitig sowohl Oxydul- als auch Oxydeisen enthalten.

Mangan macht ferner einen sehr häufigen, wenn auch der Menge nach geringen Bestandtheil der Hornblende aus; dass Fluor in einigen Hornblenden enthalten ist, ist bemerkenswerth, der Fluorgehalt steigt jedoch nicht über 1 Procent. Jedoch ist eine Varietät von Hornblende bekannt, in welcher das Mangan den wesentlichen Bestandtheil bildet. Um zu zeigen, wie verschieden die Hornblenden zusammengesetzt sein können, führen wir hier einige Analysen an:

(1) ist ein Antophyllit von Kupferberg in Baiern, dessen spec. Gewicht gleich 3,279 ist; 2) ein Antophyllit von Cummington in Massachusets; 3) ist ein Cummingtonit von dem gleichen Fundort, dessen spec. Gewicht gleich 3,42 ist, und 4) ist ein Krokydolith vom Orangefluss in Südafrika.)

	1.	2.	3.	4.
Kieselsäure	55,59	50,91	48,91	50,00
Thonerde	4,03	0,92	—	—
Magnesia	30,46	10,30	2,35	—
Eisenoxydul	8,40	32,60	—	40,50
Manganoxydul	—	—	46,74	—
Kalk	1,76	—	2,00	1,50
Natron	—	0,65	—	5,00
Wasser	—	3,04	—	3,00
	100,24	98,42	100,00	100,00 Proc.

Die Hornblenden schmelzen im Löthrohrfeuer unter Aufblasen zu einem grauen oder schwarzen Glase, und zwar schmelzen die eisenreichen Varietäten leichter als die anderen. Diese letzteren werden auch von Salzsäure leichter angegriffen als die anderen, auf welche diese Säure fast gar keine Einwirkung ausübt.

Als besondere Varietäten unterscheidet man:

Basaltische Hornblende, pechschwarz, dünne Lamellen zeigen einen Stich ins Braune; findet sich in den Basalttuffen Schwabens, sowie im Trachyt des Siebengebirges, ferner in der Auvergne, am Vesuv und am Laacher See, wo sie in Krystallnadeln vorkommt.

Gemeine Hornblende, schwarz, mit einem Stich ins

Grüne; krystallisirt, die Krystalle zu Drusen vereinigt. Nahe verwandt ist Korinthin, der den Uebergang zum vorigen bildet.

Uralit, grünlich, mit der Form des Augits.

Strahlstein, Actinolith, langstrahlige, grüne Säulen. Ein sehr schön smaragdgrüner Strahlstein von Teinach in Steiermark enthält 1 Procent Chromoxyd. Der Strahlstein findet sich bei Breitenbrunn und Ehrenfriedersdorf auf Erzlagerstätten, sowie im Talkschiefer der Alpen.

Tremolith, Grammatit, Calamit, weiss, grau, hellgrün, bildet säulenförmige Krystalle; findet sich im Kalkstein und Dolomit.

Antophyllit, nelkenbraun, im Kupferkies bei Snarum.

Arfvedsonit, rabenschwarz, im Magneteisenlager von Arendal.

Cummingtonit, rosenroth.

Babingtonit, schwarz.

Asbest, Amiant, Byssolith, feinfaserige, haarförmige Krystalle.

Die Hornblende findet Anwendung als Zuschlag bei der Verarbeitung der Eisenerze.

---

b) Wasserhaltige Silicate.

Talk.

Die Species Talk zerfällt in zwei Gruppen und zwar in die Gruppe des Talkes oder die der krystallinischen Varietäten, und in die Gruppe des Specksteins, die der amorphen Varietäten.

α) Gruppe des Talkes.

Der Talk bildet derbe Massen, und krummschalige, stengelige, körnig-blätterige oder schuppige Aggregate und kommt schieferig als Talkschiefer vor. Er hat das spec. Gewicht 2,74, die Härte 1; er lässt sich mit dem Nagel ritzen, fühlt sich fettig an; er ist farblos, häufiger jedoch gefärbt, grünweiss, apfelgrün, stahlblau, gelblichgrün, olivengrün sowie gelblichgrau; er besitzt Fett- und Perlmutterglanz und ist durchscheinend.

Dünne Lamellen sind durchsichtig und zeigen sich optisch zweiaxig.

Seine chemische Zusammensetzung ist wechselnd, entspricht jedoch der allgemeinen Formel $[\overset{\text{II}}{R}_3 Si_2 \Theta_7 + 2H_2\Theta]$ (3RO.2SiO₂

+ 2HO), worin $\overset{II}{R}$ wesentlich Magnesium bedeutet. Die chemische Structur der Talkmolecüle wird durch das folgende Schema dargestellt:

$$\Theta \begin{cases} Si \begin{cases} \Theta \\ \Theta \end{cases} > Mg \\ \quad \begin{cases} \Theta \\ \Theta \end{cases} > Mg + 2H_2\Theta \\ Si \begin{cases} \Theta \\ \Theta \end{cases} > Mg. \end{cases}$$

Der Talk erscheint demnach als das Magnesiumsalz der Dikieselsäure $Si_2\Theta_7H_6$; die beiden Molecüle Wasser sind als Krystallwasser aufzufassen. Ein Theil des Magnesiums ist in der Regel durch Oxyduleisen ersetzt.

In der Löthrohrflamme schmelzen dünne Splitter von Talk; er leuchtet beim Glühen stark. Nach dem Befeuchten mit einer Lösung von salpetersaurem Kobaltoxydul geglüht, wird er rosaroth. Salzsäure und Schwefelsäure sind ohne Einwirkung auf ihn.

Unter dem Namen Topfstein versteht man einen feinkörnigen Stein von grüner Farbe und mit grauem Strich, der äusserst weich und zerreiblich und deshalb nicht politurfähig ist. Er ist ein Gemenge von Talk mit anderen Mineralien, wesentlich mit Asbest. Er findet Anwendung als Material zu feuerfesten Gefässen. Sein Hauptfundort ist am Comersee und in Wallis, wo er Giltstein genannt wird.

Meerschaum, wenn auch nicht ganz genau so zusammengesetzt, gehört wegen seiner übrigen Eigenschaften zum Talk. Er findet sich derb und in Knollen, mit flachmuscheligem und feinerdigem Bruch; sein spec. Gewicht ist gleich 0,988—1,279, seine Härte gleich 2—2,5. Er besitzt eine gelblichgraue bis gelblichweisse Farbe, ist matt und durchsichtig. Er fühlt sich etwas fettig an. Seine Zusammensetzung ist fast die gleiche wie die des Talkes und kann man ihm die Formel $[Mg_3 Si_2 \Theta_7 + 2H_2\Theta]$ $(3MgO . 2SiO_2 + 2HO)$ geben. Kohlensäure und mechanisch beigemengtes Wasser, also Feuchtigkeit, letztere bedingt durch die Porosität des Steins, sind in dieser Formel nicht berücksichtigt, jedoch ständige Bestandtheile des Meerschaums. Der Meerschaum giebt beim Erhitzen Wasser ab, schrumpft ein, wird hart und schmilzt an den Kanten zu weissem Email. Salzsäure zersetzt ihn unter Abscheidung von gallertartiger Kieselsäure. Die Fundorte sind Griechenland und Kleinasien.

β) Gruppe des Specksteins.

peckstein, Steatit, ist amorph, und gleicht in seinem An-

sehen dem Talk. Sein spec. Gewicht ist gleich 2,6—2,8, seine Härte gleich 1,5; er fühlt sich fettig an und klebt nicht an der Zunge; er ist weiss, graugelb, röthlichweiss, auch grün oder roth, besitzt keinen Glanz.

Seine Zusammensetzung entspricht der Formel [$4MgSiΘ_3$ + $SiΘ_2$ + $^4/_3 H_2Θ$] ($4MgO . 5SiO_2$ + $^4/_3 HO$). Ein kleiner Theil des Magnesiums ist häufig durch Oxyduleisen vertreten. Beim Erhitzen giebt er Wasser, und wird in stärkerer Hitze äusserst hart (Nürnberger Lava, Gasbrenner). Salzsäure greift ihn nicht an, heisse concentrirte Schwefelsäure zersetzt ihn aber. Der Speckstein findet sich vorzüglich bei Briançon, sowie bei Wunsiedel, in Ungarn und in Massachusetts.

Serpentin.

Der Serpentin ist ein amorphes Mineral, welches dagegen häufig in Krystallen vorkommt, jedoch niemals anders, denn als Pseudomorphose.

Der Serpentin erscheint überhaupt als Umwandlungsproduct sehr verschiedenartiger Mineralien. Er findet sich in grossen Lagern und Gängen, auch derb und eingesprengt, sowie in Trümmern, Platten und Adern. Er hat einen feinsplitterigen, unkrystallinischen Bruch, fühlt sich fettig an; sein spec. Gewicht ist gleich 2,6, seine Härte gleich 3; er ist sehr verschiedenfarbig, weiss, gelb, grün, roth, selten einfarbig, in der Regel geflammt, geadert, punktirt. Nach der Farbe und Pellucidität unterscheidet man den edlen und gemeinen Serpentin.

Seine Zusammensetzung ist gleich derjenigen des Talks; auch bei ihm ist stets ein Theil des Magnesiums durch Oxyduleisen vertreten. Häufig ist ihm etwas kohlensaure Magnesia beigemengt, auch Bitumen ist ein nicht seltener Gemengtheil. Beim Erhitzen wird er zuerst schwarz oder grau und giebt Wasser ab, später wird er wieder weiss, ohne jedoch merklich zu schmelzen. Salzsäure zersetzt ihn leicht vollständig. Sein Pulver zeigt nach dem Befeuchten mit Wasser auf Curcumapapier alkalische Reaction.

Als besondere Varietäten unterscheidet man den edlen Serpentin, der gelb oder grün ist und vorzüglich schön in den Formen des Olivins, bei Snarum in Norwegen sowie bei Miask, Katharinenburg und am Ural sich findet, und den gemeinen Serpentin, der von dunkler, unreiner Farbe ist und grosse mächtige Lager und Stöcke, sogar ganze Berge bildet.

Pikrolith, Villarsit und Neolith sind Benennungen für andere Varietäten von Serpentin.

Chrysotil.

Chrysotil oder Serpentin-Asbest bildet Schnüre im Serpentin. Er besteht aus feinen, parallel gelagerten, weissen, grünlichen oder gelblichen Fasern, von schwachem Seideglanz. Er hat ganz die Zusammensetzung des Serpentins, wird jedoch nicht von Salzsäure, wohl aber von erwärmter Schwefelsäure zersetzt. Sein Pulver zeigt nach dem Befeuchten mit Wasser alkalische Reaction. Er findet sich vorzüglich bei Reichenstein in Schlesien, in den Vogesen, in Tyrol, bei Baltimore und in Sachsen, stets im Serpentin.

Unter dem Namen Bergleder kommt aus dem Zillerthal ein Mineral, welches dem Asbest verwandt ist.

In diese Gruppe gehören noch eine grosse Anzahl von anderen Mineralien, die im Wesentlichen aus Magnesiasilicat bestehen, hier jedoch nicht beschrieben werden sollen. Wir erwähnen nur folgende Namen: Kerolith, Pikrosmin, Pikrophyll, Antigonit, Hydrophit, Monradit, Gymnit, Dermatin, Retinalith, Spadait.

II. Silicate dreiwerthiger Metalle.

a) Wasserfreie Silicate.

In diese Gruppe gehören:

Der Cyanit (Kyanit, Disthen, Rhätizit), ein triklin krystallisirtes, säulenförmige, farblose oder schwach bläulich gefärbte Krystalle bildendes Mineral, dessen Formel $Al_2Si\Theta_5$ $(Al_2O_3SiO_2) = (Si\Theta) < \begin{matrix} \Theta - (Al\Theta) \\ \Theta - (Al\Theta) \end{matrix}$.

Der Topas, ein rhombisches, krystallisirtes Mineral, welches eine Verbindung von kieselsaurer Thonerde mit Kieselfluoraluminium darstellt und dessen empirische Formel $[5Al_2Si\Theta_5 + 2AlFl_3 + SiFl_4]$.

Beryll, ein hexagonal krystallisirtes, farbloses, gelblichgraues Mineral, meist säulenförmige Krystalle oder stengelige Aggregate bildend, dessen empirische Formel $[3Si\Theta_3Be + (Si\Theta_3)_3Al_2]$ ist. Die reinsten Varietäten dieses Minerals sind oft prachtvoll grün oder blau gefärbt, äusserst selten kommen auch lichtrosarothe

Krystalle vor. Die grünen Varietäten (Chromoxyd und Eisenoxyd enthaltend) werden Smaragd genannt.

Staurolith, ein rhombisch krystallisirtes, röthlich braunes bis schwärzlichbraunes Mineral, dessen empirische Formel $[3Si\Theta_2(\overset{III}{R}\Theta)_2 + \overset{III}{R}_2\Theta_3]$ $(4\overset{III}{R}_2O_3.3SiO_2)$ ist, worin $\overset{III}{R}$ Aluminium oder Oxydeisen sein kann; übrigens ist im Staurolith auch Oxyduleisen sowie Magnesium häufig enthalten.

Eine genauere Beschreibung dieser Mineralien scheint wegen der geringeren Wichtigkeit derselben nicht geboten.

---

b) Wasserhaltige Silicate.

Thone.

Die Thone sind Verwitterungsproducte verschiedener Gesteinsarten. Sie bestehen im Wesentlichen aus kieselsaurer Thonerde und Wasser, enthalten jedoch in der Regel mehr oder minder bedeutende Beimengungen, als Sand, Eisenoxyd, Schwefelkies, Kalk u. a. Die Thone kleben etwas an der Zunge und geben beim Anhauchen einen eigenthümlichen Geruch (Thongeruch). Wenn man ihr Pulver mit Wasser anrührt, erhält man einen Teig, der sich formen lässt, jedoch verhalten sich die einzelnen Thone in dieser Hinsicht verschieden; man unterscheidet einen plastischen Thon, der sich gut formen lässt und im Feuer erhärtet.

Nach ihrem Vorkommen unterscheidet man zweierlei Arten, nämlich die Thone auf ursprünglicher Lagerstätte, Kaolin, Steinmark, Grünerde, und die angeschwemmten Thone.

Kaolin.

Kaolin oder Porzellanerde ist im reinsten Zustande schneeweiss; sie hat ein spec. Gewicht gleich 2,2 und besteht aus einer kieselsauren Thonerde plus Krystallwasser. Sie hat die empirische Formel $[Al_2Si_2\Theta_7 + 2H_2\Theta]$ $(Al_2O_3\ 2SiO_2 + 2HO)$; ihre Structur wird durch das folgende Schema dargestellt:

```
           ⁄Θ＼
      ⁄Si—Θ  ＼Al
    ⁄     ＼Θ⁄
  Θ         Θ        + 2H₂Θ
    ＼     ⁄Θ＼
      ＼Si—Θ—Al
           ＼Θ⁄
```

Beim Erhitzen giebt die Porzellanerde Wasser ab, ohne zu schmelzen. Salzsäure greift sie nicht an, dagegen zersetzt sie heisse concentrirte Schwefelsäure unter Abscheidung von Kieselsäure; auch Kali- und Natronlauge lösen sie in der Hitze auf.

Weisser Kaolin findet sich bei Schneeberg, bei Limoges, in Cornwall, bei Meissen, Mügeln, Altenburg, Halle und an anderen Orten.

Der Kaolin oder die Porzellanerde ist die Hauptmasse des Porzellans, und deshalb ist ihr Vorkommen mit weisser Farbe ein sehr geschätztes. Die nicht ganz weissen Kaoline werden zur Herstellung von Fayencewaaren oder Töpferwaaren verwendet. Kaolin dient ferner bei der Fabrikation des künstlichen Ultramarins.

Steinmark.

Das Steinmark hat seinen Namen von der eigenthümlichen Lagerung im umgebenden Gesteine, in welchem es wie das Mark in den Knochen eingebettet liegt. Das Steinmark ist manchmal weich und flüssig, öfters aber auch fest. Man unterscheidet:

Gelblichweisses Steinmark, das bei Ehrenfriedersdorf vorkommt; es fühlt sich fettig an, lässt sich mit dem Nagel zerdrücken und erscheint unter der Loupe feinschuppig.

Fleischrothes Steinmark (Carnat) ist härter und fester als das vorige; findet sich bei Rochlitz an der Mulde. Talksteinmark gehört ebenfalls hierher.

Blaues Steinmark findet sich bei Zwickau. Es enthält viel Eisenoxyd (bis 13 Procent), und wird deshalb auch Eisensteinmark genannt.

Bol.

Der Bol findet sich in Nestern und Trümmern; er hat das spec. Gewicht 2,2—2,5, die Härte 1—2; er ist braungelb bis braun; hat schwachen Fettglanz, fühlt sich fettig an und klebt an der Zunge. Der sogen. Fettbol macht hiervon eine Ausnahme.

Die Bole sind im Allgemeinen kieselsaure Thonerde plus Wasser. Der Fettbol von Halsbrücke enthält dagegen hauptsächlich Eisenoxyd und nur 3 Procent Thonerde.

Die schönrothe, als Malerfarbe früher hochgeschätzte Sinopi'sche Erde, von Sinope am schwarzen Meere, sowie die Gelberde und der Röthel sind dem Bol nahe verwandt. Die Cyprische Umbra, der Nontronit sind Bole.

Sehr schön grüngefärbter Bol ist die Grünerde, welche im Fassathal krystallisirt vorkommt.

Wolchonskoit, **Pimelith**, **Alumocalcit**, **Allophan** und **Halloysit** sind ebenfalls dem Bol in mineralogischer Hinsicht, sowie in Bezug auf chemische Zusammensetzung nahe verwandt.

Höchst unreine Thone sind der **gemeine Töpferthon** (durch Eisenoxyd roth gefärbt), **Pfeifenthon**, **Walkererde**, **Bergseife**, ein sehr fetter Thon, der sich bei Olkusz in Polen findet, sowie **Lehm** und **Letten**. **Schieferthon** und **Thonschiefer** sind mineralogisch zu wenig charakterisirt, als dass sie eine besondere Besprechung finden könnten.

III. Silicate ein-, zwei- und dreiwerthiger Metalle.

a) Wasserfreie Silicate.

α) Gruppe des Feldspaths.

Orthoklas.

Der **Orthoklas**, **Kalifeldspath**, krystallisirt monoklin und bildet entweder kurz säulenförmige oder dicktafelförmige Krystalle; er besitzt eine grosse Neigung zur Zwillingsbildung. Die Krystalle sind theils einzeln eingewachsen und gut ausgebildet, theils aufgewachsen und zu Drusen vereinigt, jedoch kommt der Orthoklas auch derb, in grob- und feinkörnigen Aggregaten vor. Sein spec. Gewicht ist gleich 2,53—2,58, seine Härte gleich 6; er ist nur selten farblos, in der Regel grauröthlich gefärbt, manchmal auch grün; er besitzt schwachen Glas- oder Perlmutterglanz.

Seine Bestandtheile sind Thonerde, Kieselsäure und Kali und es kommt ihm die empirische Formel $AlKSi_3\Theta_8$ ($Al_2O_3\,3SiO_2$ + $KO\,3SiO_2$). Die Constitution des Feldspaths wird wohl durch folgende Formel ausgedrückt:

$$\begin{array}{l} \qquad (Si=\Theta) \genfrac{}{}{0pt}{}{\diagup \Theta \diagdown}{\diagdown \Theta \diagup} Al \\ \Theta < \begin{array}{l} (Si=\Theta)-\Theta \diagup \\ (Si=\Theta)-\Theta-K. \end{array} \end{array}$$

Ein Theil des Kalis ist im Orthoklas stets durch Natrium ersetzt. Im Löthrohrfeuer schmilzt er zu einem trüben, blasigen

Glase. Säuren greifen ihn selbst im concentrirtesten Zustande nicht an.

Die einzelnen Varietäten des Orthoklas sind:

Adular, Eisspath, kommt in schönen, klaren Krystallen mit bläulichem Schein am St. Gotthard vor und wird geschliffen. Rundliche abgeschliffene Adulare heissen Mondstein. Sonnenstein zeigt gelbrothes Farbenspiel auf gewissen Flächen und ist ziemlich selten. Hyalophan und Loxoklas können wie der Sonnenstein als Adulare angesehen werden. Ersterer ist durch seinen hohen Barytgehalt ausgezeichnet.

Amazonenstein ist ein kupferhaltiger Feldspath, findet sich in den Geschieben des Amazonenstromes, sowie in der Nähe von Katharinenburg.

Gemeiner Feldspath, Pegmatolith, kommt in verschiedenen trüben Farben vor; er besitzt schwächeren Glanz als der Adular.

Mikroolin, Paradoxin und Schriftgranit, sowie Cottait sind die Namen einiger Feldspathvarietäten, die sich wesentlich durch die Art ihres Vorkommens und die mit ihnen vermengten Mineralien von dem gemeinen Feldspath unterscheiden.

Dichter Feldspath, Feldstein, ist eine feinkörnige Masse, welche mit Quarz gemengt viele Gesteine bildet.

Sanidin, glasiger Feldspath, wird als besondere Species angenommen, gleicht jedoch in seiner Zusammensetzung dem Orthoklas vollkommen; er kommt nur in vulkanischen Gesteinen vor.

Albit.

Albit oder Natronfeldspath krystallisirt triklin und bildet eine Reihe krystallographisch höchst interessanter Zwillinge. In der Regel findet sich der Albit derb, in feinkörnigen oder strahligen Aggregaten. Sein spec. Gewicht ist gleich 2,62 —2,67, seine Härte gleich 6 — 6,5. Er ist farblos oder weiss, manchmal auch hellgefärbt, gelb, roth, grün, braun; er besitzt Glasglanz oder Perlmutterglanz.

Seine Bestandtheile sind Thonerde, Kieselsäure und Natron; jedoch ist in der Regel ein Theil des Natriums durch Kalium ersetzt. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $Al\,Na\,Si_3\,\Theta_8$ ($Al_2O_3\ 3SiO_2 + NaO\ 3SiO_2$). Die Constitution wird wahrscheinlich durch das folgende Schema dargestellt:

```
            (Si = Θ) ⁄ Θ ∖ Al
                     ‾ Θ ‾
    O < (Si = Θ)—Θ ⁄
        (Si = Θ)—Θ—Na.
```

Viele Albite enthalten auch Calcium oder Magnesium an Stelle von Natrium. Sie schmelzen in der Löthrohrflamme nur wenig, Säuren greifen sie kaum an.

Periklin und Andesin sind ebenfalls Natronfeldspathe, die in vieler Beziehung dem Albit gleichen, jedoch etwas weniger Kieselsäure enthalten.

Oligoklas.

Der Oligoklas krystallisirt triklin, besitzt ein spec. Gewicht von 2,63—2,68, eine Härte gleich 6, ist grau, gelb oder grünlichweiss, manchmal auch röthlich und zeigt Fettglanz und Glasglanz.

Seine Bestandtheile sind Thonerde, Kieselsäure und Natron, meist auch Kalk, Magnesia und Kali. Seine Zusammensetzung entspricht der complicirten Formel $Al_4Na_4Si_9\Theta_{26}$ ($2Al_2O_3\ 3SiO_2 + 2NaO.3SiO_2$). In der Löthrohrflamme schmilzt er leichter als Albit und Orthoklas zu einem klaren Glase. Concentrirte Säuren zersetzen ihn nur wenig. Er findet sich häufig im Granit und als Gemengtheil vieler anderer Gesteine.

Labrador.

Labrador, Labradorit, krystallisirt triklin, die Krystalle sind fast immer eingewachsen; häufiger findet sich der Labrador derb, in körnigen oder dichten Aggregaten. Sein spec. Gewicht ist gleich 2,68—2,74, die Härte gleich 6. Er ist häufig farblos, manchmal grauröthlich, grünlich oder blau gefärbt. Schöne farbige Varietäten des Labradors werden als Schmucksteine geschätzt. Seine Bestandtheile sind Thonerde, Kieselsäure und Kalk, in kleinerer Menge auch Natron, Kali und Magnesia. Die Formel des Labradors ist $Al_2CaSi_3\Theta_{10}$ ($Al_2O_3\ 2SiO_2 + CaOSiO_2$), und seine Constitution wird durch folgende Formel dargestellt:

$$\begin{array}{l} (Si = \Theta){<}^{\Theta}_{\Theta} {>} Al \\ (Si = \Theta){<}^{\Theta}_{\Theta} \\ Ca{<}^{\Theta}_{\Theta}{>}\ Si{<}^{\Theta}_{\Theta} {>} Al \end{array}$$

Ein mehr oder weniger grosser Theil des Calciums ist nun in der Regel durch Natrium, seltener durch Kalium oder Magnesium vertreten. Im Löthrohrfeuer giebt er etwas Wasser ab und schmilzt leichter als Oligoklas. Concentrirte Salzsäure greift das Pulver des Labradors wenig an.

Der Labrador hat seinen Namen von seinem Fundorte an der Küste von Labrador; er findet sich jedoch auch an anderen Orten ziemlich häufig und macht ein Gemengtheil vieler Gesteine aus.

Anorthit.

Der Anorthit, Indianit, Christianit, Kalkfeldspath, krystallisirt triklin. Die Krystalle sind in der Regel zu Drusen vereinigt, haben jedoch in denselben meist eine parallele Stellung. Der Anorthit hat das spec. Gewicht 2,67—2,76, die Härte 6; er ist farblos oder weiss, hat Glasglanz und ist durchsichtig bis durchscheinend.

Die Bestandtheile des Anorthits sind Thonerde, Kieselsäure und Kalk und seine Zusammensetzung wird durch die Formel $Al_2\Theta aSi_2\Theta_8$ $(Al_2O_3SiO_2 + CaOSiO_2)$ dargestellt; seine Constitution entspricht der Formel:

$$\Theta a \begin{cases} \Theta - Si \begin{matrix} \diagup\Theta\diagdown \\ -\Theta- \\ \diagdown\Theta\diagup \end{matrix} Al \\ \Theta - Si \begin{matrix} \diagup\Theta\diagdown \\ -\Theta- \\ \diagdown\Theta\diagup \end{matrix} Al. \end{cases}$$

Ein kleiner Theil des Calciums ist in der Regel durch Magnesium ersetzt, in noch geringerer Menge sind Kali und Natron im Anorthit enthalten. Im Löthrohrfeuer schmilzt er ziemlich schwer. Concentrirte Salzsäure zersetzt ihn vollständig.

Der Anorthit kommt in den Drusenräumen der Auswürflinge des Vesuvs sowie in anderen Laven vor, auch findet er sich manchmal als Gemengtheil des Diorits oder des Serpentins. Interessant ist sein Vorkommen in den Meteorsteinen von Juvenas und Stannern.

Die Feldspathe sind wegen ihrer Verwendung in der Glas- und Porzellanfabrikation, namentlich aber wegen ihres Vorkommens im Ackerboden, dem sie die Alkalien liefern, von höchster industrieller und agronomischer Bedeutung.

β) Anhang zur Gruppe des Feldspaths.

Leucit.

Der Leucit krystallisirt regulär, bildet gut ausgebildete Krystalle, findet sich auch in krystallinischen Körnern und körnigen

Aggregaten. Sein spec. Gewicht ist gleich 2,45—2,5, seine Härte gleich 5,5—6; er ist hellgrau bis dunkelgrau, manchmal röthlich. Hat Glasglanz, im Bruche Fettglanz.

Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $(AlK(Si\Theta_3)_2$ $(Al_2O_3\ 3SiO_2 + K_2O\ SiO_2)$. Die Constitution wird durch folgendes Schema dargestellt:

$$
\begin{array}{l}
(Si = \Theta) < \begin{smallmatrix}\Theta \diagdown \\ \Theta - \end{smallmatrix} Al \\
(Si = \Theta) < \begin{smallmatrix}\Theta \diagup \\ \Theta - K. \end{smallmatrix}
\end{array}
$$

Häufig ist ein grosser Theil des Kaliums durch Natrium ersetzt. Im Löthrohrfeuer schmilzt er. Salzsäure zersetzt ihn vollständig unter Abscheidung von Kieselerde.

Er ist ein Gemengtheil vieler Laven des Vesuvs.

Latrolit, Nephelin und Pollux sind dem Leucit nahe verwandt, sowohl bezüglich ihres mineralogischen Charakters als auch ihrer Zusammensetzung.

Obsidian.

Der Obsidian ist ein amorphes Mineral, welches in kugelförmigen Massen oder Körnern sich findet. Er hat das spec. Gewicht 2,41—2,57 und die Härte 6; ist gewöhnlich schwarz oder grau, manchmal blau oder roth, hat starken Glasglanz und ist durchscheinend. Er besteht aus Thonerde, Kieselsäure, Kalk, und enthält kleinere Mengen von Kali, Natron und Eisenoxyd.

Sehr nahe verwandt ist ihm der Bimstein, ein schaumiges, schwammiges, weisses oder graues Mineral.

γ) Gruppe des Glimmers.

Die Gruppe des Glimmers umfasst eine Anzahl von Mineralien, welche sich durch ihre physikalischen Eigenschaften so deutlich charakterisiren, dass eine Verwechslung mit anderen Mineralien kaum vorkommen kann. Vor allem besitzen sie einen ausgezeichneten Blätterbruch mit Perlmutterglanz. Auch die chemische Zusammensetzung der einzelnen Glieder ist eine nahezu übereinstimmende.

Man unterscheidet folgende Glimmerarten:

Kaliglimmer.

Der Kaliglimmer ist rhombisch krystallisirt und bildet in der

Regel tafelförmige Krystalle; häufiger kommt er in derben Massen oder in blätterigen, schieferigen Aggregaten vor.

Dünne Plättchen von Kaliglimmer sind biegsam; das spec. Gewicht ist gleich 2,76—3,1; die Härte 2—3; er ist farblos oder weiss, häufig auch licht gefärbt, grau, grün, gelb, roth; er hat Perlmutterglanz, ist optisch zweiaxig, in dünnen Lamellen vollständig durchsichtig.

Seine Bestandtheile sind Thonerde, Kieselsäure und Kali. Eine einfache Formel lässt sich für ihn nicht aufstellen; eine grosse Anzahl von Glimmern kommt jedoch der Formel SiO_4AlR $(Al_2O_3SiO_2 + ROSiO_2)$ nahe, worin R hauptsächlich Kalium ist. Die Constitution dieser Verbindung wird durch das folgende Schema dargestellt:

$$\overset{I}{R}-O-Si\begin{matrix}\diagup O \diagdown \\ -O- \\ \diagdown O \diagup\end{matrix}Al.$$

In vielen Glimmern ist das $\overset{I}{R}$ auch Natrium oder Wasserstoff, manchmal auch ein Theil des Kaliums durch Calcium, Magnesium oder Mangan ersetzt; ebenso kann Aluminium in wechselnder Menge durch Oxydeisen substituirt sein.

Sehr viele Varietäten enthalten noch ausserdem Fluor.

Der Kaliglimmer schmilzt im Löthrohrfeuer zu einem matten Glase, die fluorhaltigen werden trübe. Säuren greifen ihn nicht an.

Der Glimmer kommt sehr häufig als Gemengtheil von Gesteinsarten vor, sowie als Glimmerschiefer. Schön rein und krystallisirt findet er sich an vielen Orten in Drusenräumen des Granits.

Magnesiaglimmer.

Der Magnesiaglimmer ist hexagonal krystallisirt. Er gleicht dem Kaliglimmer in vieler Beziehung, ist jedoch etwas dunkler gefärbt. Die Zusammensetzung des Magnesiaglimmers ist sehr wechselnd; es lassen sich jedoch viele Varietäten auf die Formel

$$[m\overset{II}{R}_2SiO_4 + n\overset{III}{R}_4Si_3O_{12}]\ (m(2RO.SiO_2) + n(2R_2O_3\,3SiO_2)),$$

worin $\overset{II}{R}$ wesentlich Calcium, aber auch Magnesium, Oxyduleisen, oder auch K_2 bedeuten kann, während $\overset{III}{R}$ hauptsächlich Aluminium oder Oxydeisen ist, zurückführen. Die Magnesiaglimmer wären demnach eine Vereinigung zweier Silicate in wechselnden Verhältnissen, deren Constitution durch die folgenden Schemata dargestellt wird:

$$\overset{II}{R}<{}^{\Theta}_{\Theta}>Si<{}^{\Theta}_{\Theta}>\overset{II}{R}; \qquad \begin{array}{c} \overset{III}{R}\begin{array}{l}/\Theta\\ -\Theta\end{array}>Si<\begin{array}{l}\Theta\backslash\\ \Theta-\end{array}\overset{III}{R} \\ \begin{array}{l}\backslash\Theta\\ /\Theta\end{array}>Si<\begin{array}{l}\Theta/\\ \Theta\backslash\end{array} \\ \overset{III}{R}\begin{array}{l}-\Theta\\ \backslash\Theta\end{array}>Si<\begin{array}{l}\Theta-\\ \Theta/\end{array}\overset{III}{R}. \end{array}$$

Der Magnesiaglimmer ist ebenfalls ein Gemengtheil vieler Gesteinsarten.

Als besondere Varietäten sind noch Rubellan, Helvetan, Phlogopit und Aspidolith zu nennen; auch Chlorit, Pennin und Klinochlor gehören zu den Glimmerarten, jedoch neigen sich die drei letzteren in mancher Hinsicht, so namentlich bezüglich ihres Vorkommens, zum Talk.

Lithionglimmer, Lepidolith, ist ein lithionhaltiger und fluorhaltiger Glimmer.

δ) Gruppe des Turmalins.

Die Turmaline sind hexagonal krystallisirte Mineralien, sie bilden meist lang säulenförmige Krystalle, sowie rhomboëdrische Formen; ihr spec. Gewicht ist gleich 2,9—3,24, ihre Härte gleich 7—7,5. Sie sind selten farblos, meist gefärbt und zwar in den verschiedensten Farben und Farbennüancen. Sie besitzen Glasglanz und sind zum grössten Theil durchsichtig oder durchscheinend, nur die schwarzen Turmaline sind undurchsichtig. Die Turmaline sind doppelbrechend und ist überhaupt ihr optisches Verhalten interessant (pag. 714). Die chemische Zusammensetzung ist sehr variirend und lässt sich keine Formel für dieselben aufstellen.

Sie enthalten im Wesentlichen Kieselsäure, Borsäure, Phosphorsäure und Fluor, Thonerde, Eisenoxyd, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Manganoxydul.

Man unterscheidet nach der Farbe den rothen Rubellit, den blauen Indigolith und schwarze Varietäten, welche den Namen Schörl führen.

Die Turmaline sind häufig, namentlich bildet der Schörl ein Gemengtheil vieler Gesteine.

ε) Gruppe des Granats.

Die Granate sind regulär krystallisirte Mineralien. Ihre Krystalle finden sich sowohl einzeln aufgewachsen als auch zu Drusen vereinigt. Die häufigste Form ist der Granatoëder. Ihr spec. Gewicht ist gleich 3,4—4,3; ihre Härte gleich 6,5—7,5. Sie sind

sehr verschieden gefärbt, hell, dunkel, grün, gelb, roth, braun, schwarz. Sie enthalten Kieselsäure und Thonerde, Eisenoxyd, welche letzteren sich gegenseitig vertreten können, ferner Kalk, Magnesia, Eisenoxydul und Manganoxydul, die sich ebenfalls in wechselnden Verhältnissen ersetzen können. Die allgemeine Formel der Granate ist $\overset{III}{R}_2\overset{II}{R}_3Si_3O_{12}$ $(3(2RO.SiO_3) + 2R_2O_3.3SiO_2)$. Die Constitution der Granate wird durch folgende Formel dargestellt:

$$\begin{array}{l} \overset{II}{R}<^{O}_{O}>Si<^{O}_{O}\diagdown \\ \qquad\qquad\qquad\quad -\overset{III}{R} \\ \overset{II}{R}<^{O}_{O}>Si<^{O}_{O}\diagup \\ \qquad\qquad\qquad\quad \diagdown \\ \overset{II}{R}<^{O}_{O}>Si<^{O}_{O}-\overset{III}{R}. \end{array}$$

In dieser Formel kann $\overset{II}{R}$ ganz oder zum Theil Calcium, Magnesium, Oxyduleisen und Oxydulmangan sein, $\overset{III}{R}$ Oxydeisen oder Aluminium. Nach ihrer Zusammensetzung unterscheidet man Thongranate und Eisengranate, das heisst solche, in denen $\overset{III}{R}$ Aluminium, und solche, in denen $\overset{III}{R}$ Oxydeisen ist. Die Thongranate heilen sich in folgende Varietäten: Kalk-Thongranate, Magnesia-Thongranate oder Talk-Thongranate, Eisen-Thongranate und Mangan-Thongranate. Die gleichen Unterschiede zeigen sich auch bei den Eisengranaten.

Im Löthrohrfeuer schmelzen die Granate leicht zu einem grünen, braunen oder schwarzen Glase. Salzsäure greift sie erst nach dem Erhitzen an und scheidet Kieselsäure aus ihnen ab.

Mineralogisch unterscheidet man folgende Varietäten:

Almandin, edler Granat, blutroth, kirschroth, dient als Schmuckstein.

Weisser Granat,

Grossular, grün;

Hessonit, Kaneelstein, gelb;

Gemeiner Granat (Aplom), grün, gelb, braun;

Kolophonit, honiggelb oder auch dunkel bis pechschwarz;

Melanit, schwarz.

Auch der sogen. Spessartin soll ein Granat sein.

Ausser diesen giebt es noch eine Anzahl verschiedener Varietäten.

b) Wasserhaltige Silicate.

Gruppe der Zeolithe.

Die Gruppe der Zeolithe wird gebildet von einer Anzahl von Mineralien, welche, abgesehen von ihrem Wassergehalt, bezüglich ihrer Zusammensetzung den Feldspathen nahe stehen. Ihr allgemeiner mineralogischer Charakter ist ebenfalls dem der Feldspathe ähnlich. Man hat daher eine Anzahl Zeolithe mit Recht unter dem Namen der Feldspathhydrate zusammengefasst. Von dem Feldspath unterscheiden sie sich namentlich noch dadurch, dass sie von Salzsäure leicht zersetzt werden. In diese Gruppe gehören:

Der Natrolith, Mesotyp, Spreustein, ein rhombisch-krystallisirtes Mineral, von gelblichweisser, ockergelber bis gelbrother Farbe, dessen Zusammensetzung durch die Formel [$Al_2Na_2Si_3\Theta_{10} + 2H_2\Theta$] ($Al_2O_3\,2SiO_2 + NaOSiO_2 + 2HO$) ausgedrückt wird. Die Constitution der Verbindung wird durch das folgende Schema dargestellt:

$$
\begin{array}{lll}
 & (Si = \Theta) < \begin{array}{l}\Theta \diagdown \\ \Theta - Al\end{array} & \\
 & (Si = \Theta) < \begin{array}{l}\Theta \diagup \\ \Theta \diagdown\end{array} & + 2H_2\Theta \\
\begin{array}{l}Na-\Theta \\ Na-\Theta\end{array} > Si & < \quad \begin{array}{l}\Theta - Al. \\ \Theta \diagup\end{array} &
\end{array}
$$

Der Analcim, ein regulär krystallisirtes Mineral von weisser, hellrother bis fleischrother Farbe, dessen Zusammensetzung die Formel [$AlNaSi_2\Theta_6 + H_2\Theta$] ($Al_2O_3\,3SiO_2 + NaOSiO_2 + 2HO$) ausdrückt. Die Constitution der Verbindung stellt das folgende Schema dar:

$$
\begin{array}{l}
(Si = \Theta) < \begin{array}{l}\Theta \diagdown \\ \Theta - Al\end{array} \\
\qquad\qquad\qquad\qquad + H_2\Theta \\
(Si = \Theta) < \begin{array}{l}\Theta \diagup \\ \Theta - Na.\end{array}
\end{array}
$$

Der Desmin (Strahlzeolith), ein rhombisch krystallisirtes Mineral, dessen Krystalle in der Regel bündel- oder fächerförmig an einander gelagert sind. Er ist meistens weiss, manchmal auch röthlich oder gelb. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel [$Al_2\text{Ca}Si_6\Theta_{16} + 6H_2\Theta$] ($Al_2O_3\,3SiO_2 + CaO\,3SiO_2 + 6HO$).

Der Stilbit (Heulandit), Skolezit, Chabasit, Harmatom und andere gehören gleichfalls zu den Zeolithen.

IV. Anhang.

Anhangsweise seien hier noch einige andere interessante Silicate erwähnt, die sich in keine der oben genannten Gruppen einordnen lassen:

Datolith, monoklin, farblos, grünlich, gelblich. idmErische Formel: $CaHBoSiO_5$.

Sodalith, regulär, farblos, gelblich, grünlich. Empirische Formel: $[14(AlNaSiO_4) + NaCl]$.

Lasurstein, regulär, lasurblau, glasglänzend, kantendurchscheinend. Enthält Thonerde, Kieselsäure, schwefelsaures Natron und mehrfach Schwefelnatrium. Sein Pulver wird als blaue Farbe sehr geschätzt.

Register.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

I J.

K.

L.

M.

O.

S.

T.

U.

V.

Druck von Hüthel & Legler in Leipzig.

Die

Elemente der Pharmacie.

Unter Mitwirkung von

Dr. G. Jäger,
Prof. am Polytechnicum in Stuttgart.

und

Dr. W. Städel,
Docent an der naturwissenschaftl. Facultät zu Tübingen.

herausgegeben

von

Dr. J. B. Henkel.
Professor der Pharmacie in Tübingen.

Zweiter Theil.

Allgemeine und medicinisch-pharmaceutische Botanik.

Bearbeitet von Dr. J. B. Henkel.

Leipzig.
Ernst Günther's Verlag.
1873.

Lehrbuch

der

allgemeinen

und

medicinisch-pharmaceutischen Botanik.

Zum Gebrauche für angehende

Naturforscher, Pharmaceuten

und

Mediciner

von

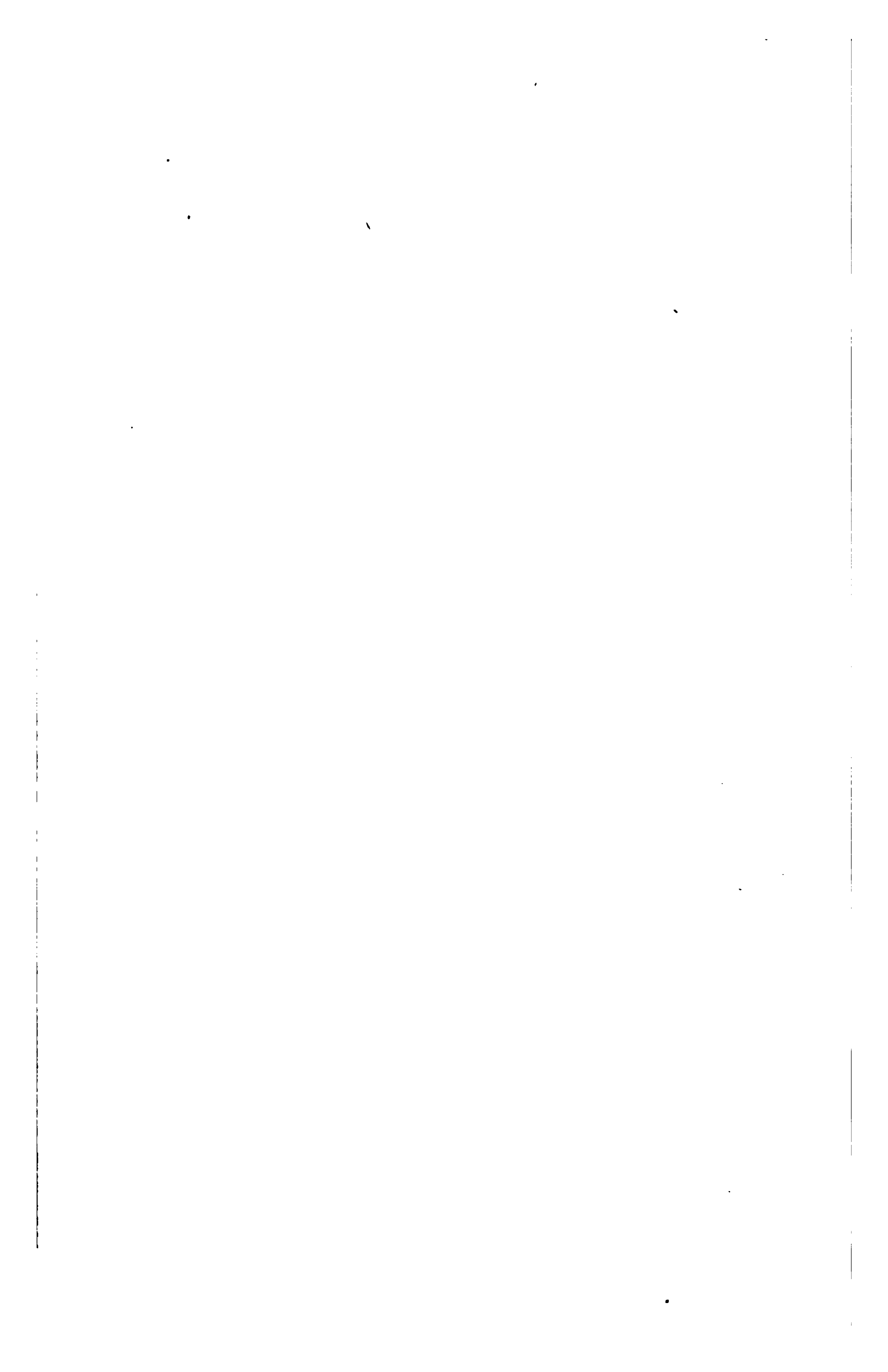
Dr. J. B. Henkel,

Professor der Pharmacie in Tübingen.

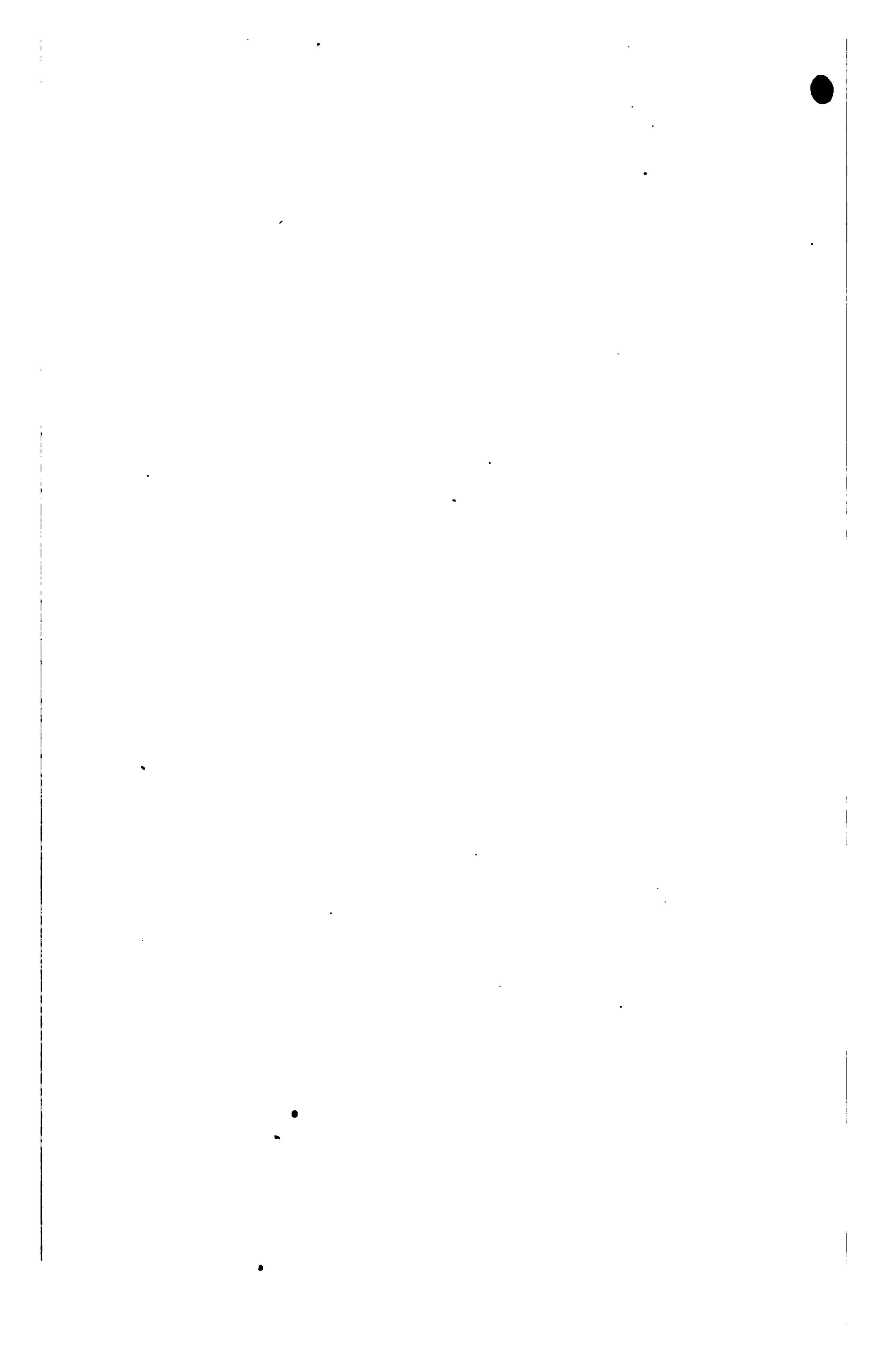
Leipzig.

Ernst Günther's Verlag.

1873.



Allgemeine und medicinisch pharmaceutische Botanik.



Allgemeiner Theil.

Einleitung.

Schon eine oberflächliche Betrachtung der uns umgebenden Naturkörper rechtfertigt die Eintheilung derselben in zwei grosse Hauptabtheilungen, nämlich in organische oder belebte und in anorganische oder unbelebte Körper. Zu den ersteren gehören die Glieder des Thier- und Pflanzenreichs, zu der zweiten jene des Mineralreichs und hat eine Unterscheidung dieser beiden Abtheilungen keine Schwierigkeiten.

Anders gestaltet sich die Sache, wenn es sich um eine genaue Begrenzung des Thier- und Pflanzenreiches handelt, wo die niederst organisirten Glieder in vielen Beziehungen sich so nahe berühren, dass es fast unmöglich ist, eine Scheidelinie aufzustellen, welche nach allen Seiten hin genügt.

Die anorganischen Körper sind entstanden aus einer Verbindung der chemischen Grundstoffe oder Elemente, oder bestehen aus letzteren selbst, wie Gold, Graphit etc.; sie bleiben unverändert, so lange nicht solche chemische oder physikalische Einflüsse auf sie wirken, denen sie keinen Widerstand entgegen zu setzen im Stande sind, und sind in sich homogen, so dass jedes davon getrennte Theilchen dem Ganzen, welchem es entnommen, der Natur nach gleich ist. Sie besitzen keine bestimmte Form, ausser in krystallisirtem Zustande, in welchem der Umfang durch regelmässige, gerade Linien begrenzt wird. Sie sind nicht mit Organen, d. h. mit Werkzeugen für gewisse Functionen, wie solchen der Ernährung, Bewegung etc. ausgerüstet, und daher rührt auch die Benennung „anorganische Körper".

Die organischen Körper haben dagegen eine viel complicirtere Zusammensetzung; sie entstehen aus Wesen ihrer Art und sind mit Organen für bestimmte Lebensvorrichtungen versehen, wie die Pflanzen mit solchen für Ernährung und Fortpflanzung (vegetative Functionen), die Thiere sowohl mit

diesen beiden Organen, als auch noch dazu mit solchen für Bewegung und Empfindung (animalische Functionen). Die organischen Wesen pflanzen sich also fort und nehmen Nahrung von Aussen auf, indem sie dabei durch Stoffaufnahme wachsen: doch ist ihre Existenz eine zeitlich begrenzte, welche der Tod abschliesst, worauf sie in ihre Grundelemente oder deren Verbindungen zerfallen. Ihre äussere Gestaltung ist eine ganz bestimmte, unter welcher sie in der Regel genau unterscheidbare Einzelwesen oder Individuen bilden und während die anorganischen Körper entweder aus homogenen festen, flüssigen oder gasförmigen Bestandtheilen bestehen, wie Marmor, Wasser, Kohlensäure, sind die organischen aus festen Bestandtheilen oder Geweben und aus flüssigen, dem Inhalte der Zellen, welche erstere zusammensetzen, aufgebaut.

Wie wir bereits oben aussprachen, ist eine genaue Begrenzung des Thier- und Pflanzenreiches mit Schwierigkeiten verbunden, weil die niedersten Organismen beider Reiche sich nahe berühren und selbst Uebergänge vorhanden zu sein scheinen, welche einen Zusammenhang beider Reiche wahrscheinlich machen. Während man früher schon die sogenannten Zoophyten oder Pflanzenthiere als das vermittelnde Glied zwischen beiden Reichen betrachtete, sucht die exacte Forschung noch immer vergebens nach bestimmten Grenzen, und als Beweis, wie schwierig es ist, eine bestimmte Grenzlinie aufzustellen, wollen wir hier nur anführen, dass viele namhafte Botaniker die Schleimpilze oder Myxomyceten dem Pflanzenreiche zutheilen, während der tüchtige Forscher De Bary dieselben als Mycetozoën dem Thierreiche zuweist.

Während wir also wohl im Stande sind, für höher organisirte Thiere und Pflanzen unzweifelhafte und wichtige Unterscheidungsmerkmale aufzustellen, indem wir sagen, dass sich solche dahin präcisiren lassen: Das Thier empfindet und kann sich willkürlich bewegen, während die Pflanze weder Empfindung, noch die Fähigkeit spontaner Bewegung besitzt, so gilt dies eben nur von solchen, aber nicht für die niederst organisirten Repräsentanten beider Naturreiche, und es ist somit zur Zeit eine bestimmte, nach allen Richtungen befriedigende Definition des Begriffes Thier oder Pflanze unmöglich.

Wir müssen hier auf eine von Haeckel veröffentlichte Entdeckung aufmerksam machen, welche von den wenigen Anhängern einer Urzeugung (Generatio aequivoca s. spontanea) als eine wichtige Stütze betrachtet wird, obgleich die Annahme einer solchen Entstehung organischer Wesen aus anorganischen Bestandtheilen, also ohne Eltern, von den gelehrtesten Forschern verworfen wird. Wäre aber die Haeckel'sche Entdeckung wirklich begründet, so wäre die spezifische Unterscheidung zwischen organischen und anorganischen Körpern unhaltbar.

Nach Haeckel existiren nämlich mikroscopisch kleine, höchstens stecknadelkopfgrosse, formlose, bewegliche Schleimkörperchen, welche aus einer structurlosen, eiweissartigen Kohlenstoffverbindung bestehend, durchaus keine Spur irgend eines Organismus erkennen lassen, aber sich dennoch bewegen, Nahrung aufnehmen und sich vermehren; er nennt dieselben Moneren und benützt sie als Grundlage seiner Plastiden-Theorie, welcher zufolge er vier Hauptformen von Zellen oder Plastiden aufstellt, welche sich durch die Gegenwart oder den Mangel einer Hülle oder eines Kerns unterscheiden, und deren niederste Form eben jene Moneren bilden sollen. Diese sind also in ruhendem Zustande rundliche Körperchen, an welchen aber beim Eintritte der Bewegung zarte, fadenförmige Hervorragungen oder Scheinfüsse — Pseudopodien, als einfache unmittelbare Fortsätze der schleimigen Masse hervortreten; kommen für die Nahrung geeignete Stoffe in die Nähe dieser Moneren, so haften sie der Schleimmasse an, werden allmälig von dieser überzogen und assimilirt, oder es verschieben sich einzelne Theilchen des Schleimkörperchens und nehmen die Nahrung auf; die Fortpflanzung geschieht durch einfache Theilung durch Abschnüren. Wir enthalten uns jeden Urtheils über diese angebliche Entdeckung, deren Bestätigung allerdings von höchster Wichtigkeit wäre, indem wir einstweilen die bisherigen Begriffe bezüglich der organischen und anorganischen Körper festhalten.

Diejenige Wissenschaft, welche sich die Aufgabe gestellt hat, die Naturkörper ihrem ganzen inneren und äusseren Wesen nach kennen zu lernen, bezeichnet man als Naturwissenschaft und je nach der Abtheilung von Naturkörpern, mit welchen sich dieselbe specieller beschäftigt, unterscheidet man als Zweige dieser Wissenschaft die Mineralogie oder Lehre von den Mineralien, die Zoologie oder Lehre von den Thieren und die Botanik oder die Lehre von den Pflanzen, und diese letztere ist es, mit welcher wir uns hier zu befassen haben.

Die Botanik oder Pflanzenkunde zerfällt wieder in die beiden Zweige der Naturlehre der Pflanzen, Phytognosie, und der Naturgeschichte der Pflanzen oder Phytologie.

Erstere umfasst die Lehre von der äusseren Beschaffenheit der Pflanzen und der Gestalt ihrer Organe — Morphologie und Organographie —, sie erforscht den anatomischen Bau der Elementarorgane und Gewebe — Anatomie oder Histologie —, sie ermittelt die Functionen der Organe für die Ernährung und Fortpflanzung — Physiologie — und die während des Lebensprocesses eintretenden chemischen Vorgänge — Phytochemie.

Die Naturgeschichte der Pflanzen umfasst die systematische Anordnung der einzelnen Glieder des Pflanzenreichs nach ihrer Zusammengehörigkeit oder Aehnlichkeit, indem sie dieselben nach allgemein gültigen Ausdrücken charakterisirt und gruppirt, unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Vertheilung der Pflanzen über die Erdoberfläche (Pflanzengeographie).

Unter theoretischer Botanik versteht man das Studium

der Pflanzenkunde ohne Rücksicht auf die Verwendung der einzelnen Pflanzen zu irgend welchem Zwecke, während die angewandte oder praktische Botanik speziell diejenigen Pflanzen abhandelt, welche in Beziehung zu irgend einer Wissenschaft, Kunst oder einem Gewerbe stehen, in welchem Falle man zwischen medicinischer, ökonomischer, technischer, Forst-Botanik etc. unterscheidet.

Specieller Theil.

I. Abschnitt.

Elementarorgane.

Wie die mikroskopische Untersuchung von Pflanzen und Pflanzentheilen lehrt, bestehen dieselben aus kleinen, regelmässig geformten Gebilden, welche zwar in ihrer Form und Beschaffenheit sehr verschieden sein können, ihrem Wesen nach aber grosse Uebereinstimmung zeigen. Es sind dies kleine, verschieden gestaltete Bläschen oder röhrige, schlauchförmige Organe, die man als Elementarorgane bezeichnet, weil dieselben die letzten unterscheidbaren Elemente der Pflanze darstellen. Die primitivste Form dieser Elementarorgane ist die Zelle, aus welcher sich die Pflanzengewebe und die höheren Formen, wie die Gefässe, bilden. Während die niederst organisirten Pflanzen nur aus einer einzigen oder aus mehreren aneinander gereihten Zellen bestehen, wie z. B. die Hefe, finden wir bei den höher organisirten Pflanzen schon complicirtere Gewebe, welche sowohl aus Zellen, wie aus den aus diesen hervorgegangenen Gefässen zusammengesetzt sind; diese beiden Formelemente sind es also, welche man als Elementarorgane der Pflanzen bezeichnet.

Erstes Kapitel.

Die Zelle (Cellula).

§. 1. Lange Zeit betrachtete man die Zelle als ein von einer mehr oder minder festen Haut umschlossenes Bläschen, dessen Inhalt die Zellflüssigkeit und das Protoplasma, sowie der in dem Zellinhalt befindliche Zellkern (Cytoblast) bildet und hielt

somit die äussere Zellmembran für einen zum Begriff einer Zelle nothwendigen Bestandtheil.

Da aber neuere Untersuchungen ergeben haben, dass die äussere Zellhaut, welche von dem Zellinhalte auch chemisch verschieden ist, wenigstens zeitweise fehlen kann, da es ferner Zellen giebt, welche niemals einen Zellkern erkennen lassen, so hat sich die bis noch vor kurzer Zeit gültige Annahme geändert und fordert als einzig wesentlichen Bestandtheil einer Zelle das Protoplasma, eine dickflüssige, stickstoffhaltige Schleimmasse, welche, abgesehen davon, ob sie von einer Zellmembran umgeben ist oder nicht, nach Aussen hin vollständig abgegrenzt, von einer hyalinen Grundsubstanz umschlossen ist, in welche mehr oder weniger zahlreiche, aber äusserst kleine Körperchen eingebettet sind, während die innere mehr durchsichtige Masse des Protoplasma frei von letzteren und deshalb mehr durchsichtig ist. Die äussere, mehr dichte Parthie dieser Masse wird auch Primordial-Schlauch genannt, die innere Plasma.

Das Protoplasma besteht aus verschiedenen organischen Substanzen, unter welchen aber eiweissartige in der Regel vorwalten; es mischt sich nicht mit dem wässerigen Zellinhalt, welcher oft in Gestalt von Tropfen in dem Protoplasma auftritt und dann die sogenannten Vacuolen darstellt, sondern gerinnt sogar oft schon auf Zusatz von Wasser, wie auch bei Zutritt der Luft. Dennoch ist es im Stande, gewisse Mengen von Wasser aufzunehmen und dann aufzuquellen, ebenso wird es leicht von Wasser durchdrungen. Deshalb zeigen auch die sogenannten Primordial-Zellen, oder solche, welche noch nicht von einer festen Haut umgeben sind, deutliche Strömungen, welche als Plasma-Strömungen bezeichnet werden. (Fig. 2.)

Fig. 1.

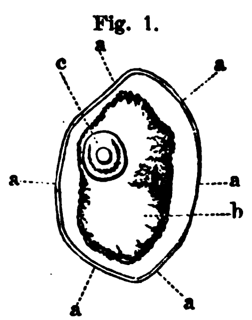


Fig. 1. Zellen, bestehend aus der Zellwand a, dem Protoplasma b, und dem Zellkern c mit Kernkörperchen.

Fig. 2.

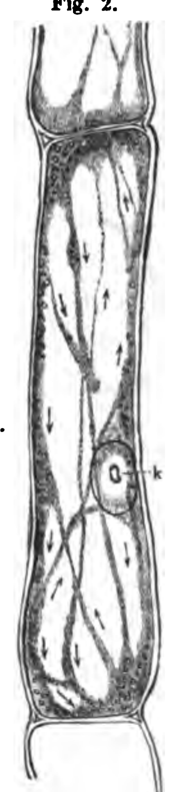


Fig. 2. Strömung des Protoplasma, in der von den Pfeilen angedeuteten Richtung; k der Zellkern.

Fig. 3.

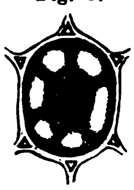


Fig. 3. Zelle mit Vacuolen.

Fig. 4.

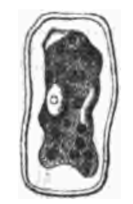


Fig. 4. Zelle dessen Protoplasma durch Weingeist contrahirt ist.

Fig. 5.

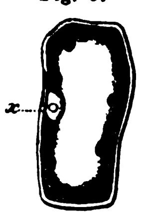


Fig. 5. Zelle mit in das Protoplasma eingebetteten Chlorophyllkörnchen.

Gewöhnlich aber ist das Protoplasma von einer Zellhaut umgeben und kleidet dann die innere Wand derselben als zarter Ueberzug aus, während dei flüssigere Zellsaft im inneren Theile Vacuolen oder Scheinzellen bildet. (Fig. 3.) Behandelt man eine solche Zelle mit Alkohol oder Zuckerlösung, so zieht sich der Primordialschlauch zusammen, entfernt sich von der Zellwand und wird dann deutlicher erkennbar (Fig. 4).

Auch in mit einer Zellhaut umgebenen, jugendlichen Zellen lässt sich mit dem Mikroskop eine deutliche Strömung des Zellsaftes erkennen, welche besonders in den Haaren der Filamente von Tradescantia, den Brennhaaren von Urtica etc. leicht beobachtet werden kann (Fig. 21). Diese Strömung ist eine anscheinend regellose, bald vorwärts, bald rückwärts gerichtete, zieht sich aber meist der inneren Wand entlang in spiraligen oder netzartigen Linien, seltener, wie bei Tradescantia quer durch den Zellinhalt.

§. 2. Ein anderer zwar nicht in allen, doch in den meisten auftretender Bestandtheil der Zellen ist der Zellkern — Nucleus oder Cytoblast (Fig. 5), welcher als kleines kugeliges oder abgeplattetes ovales Körperchen, welches in dem Protoplasma eingebettet ist, in der Regel 1—2 kleinere Kernkörperchen — Nucleoli umschliesst. Die Bedeutung dieses Zellkerns für das Leben der Zelle ist noch nicht ermittelt; doch werden wir darauf bei der Zellbildung zurückkommen.

Man kennt noch keinen Fall, wo das Plasma bleibend frei von einer umgebenden Hülle geblieben wäre, sondern nach längerer oder kürzerer Frist bildet sich um dasselbe eine elastische Membran aus Cellulose; nur selten vertritt ein anderer Stoff die Cellulose, wie in den Knollen des Salep, wo die letztere durch Bassorin ersetzt wird, welches aber vielleicht nur ein Umwandlungsproduct der Cellulose ist, wie z. B. auch der Traganth. Selbstverständlich ist die Form und Grösse der membranlosen Zellen keine constante, da sie äusseren Einwirkungen mehr ausgesetzt ist. Die mit einer festen Zellhaut umgebenen Zellen sind zwar nur mikroskopisch erkennbar, und wird die Form der Zelle durch die Zellhaut selbst bedingt; die Grösse der Zellen aber ist eine sehr verschiedene.

§. 3. Die primitive Form der Zelle ist die mehr oder weniger kugelige oder ellipsoidische, wie solche die Figuren 6 und 7 zeigen; können die Zellen sich nach allen Rich-

tungen frei ausdehnen, ohne irgend einen Druck zu erleiden, so erhält sich diese Form, wie dies auch meist in sehr weichen Pflanzentheilen, wie z. B. im Mark der Sarsaparillwurzeln der Fall ist. Wo aber die Zellen einen Druck erleiden, werden sie an den Stellen, wo ein solcher wirkt, eingedrückt und dadurch mehrflächig oder polyedrisch (Fig. 8), so dass sie dann auf dem Querschnitt eckig erscheinen. Andere Zellformen, von welchen die mannichfaltigsten bei den einzelligen Algen beobachtet werden, sind: sternförmige (Fig. 9), tafelförmige, wie verschiedene Arten von Kork, Oberhautzellen (Fig. 7) etc., welche alle, wenn die Längendimensionen nicht bedeutend die des Breitedurchmessers übertreffen, als Parenchymzellen bezeichnet werden, während solche Zellen, deren Wachsthum überwiegend in der Längsrichtung stattfindet, wie dies besonders bei den Bast- und Holzzellen der Fall ist (Fig. 10) als Prosenchymzellen benannt werden. Doch besteht auch das Gewebe der Flechten und Pilze aus langgestreckten, fadenförmigen Zellen, welche einige Autoren als Pleurenchym-Zellen bezeichnen.

Fig. 6.

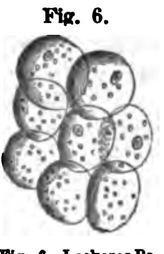


Fig. 6. Lockeres Parenchym.

Fig. 7.

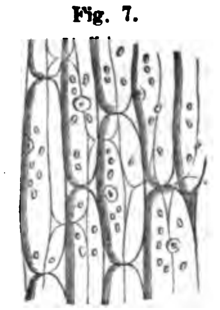
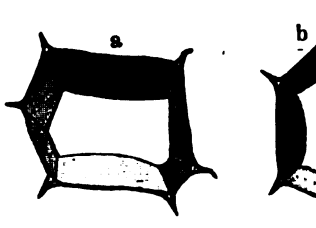


Fig. 7. Lockeres Parenchym mit ellipsoidischen Zellen.

Fig. 8.



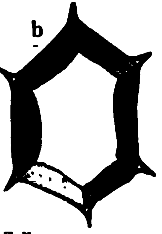


Fig. 8. Polyedrische Zellen.

Fig. 9.

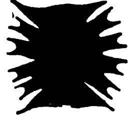


Fig. 9. Sternförmige Zellen von Euastrum.

Fig. 10.



Fig. 10. Bastzelle; a u. b Längs-, c Querschnitt.

Das Wachsthum der Zelle findet übrigens nicht allein nach den beiden angegebenen Dimensionen statt, sondern es verdickt sich dabei auch die Zellmembran nicht selten selbst und zwar wahrscheinlich dadurch, dass sich zwischen die

bereits vorhandene Zellhaut kleine Partikelchen derselben Substanz einlagern, welcher Prozess als *Intussusception* bezeichnet wird. Die *ursprüngliche* Zellmembran wird als *primär* bezeichnet, und ist dieselbe geeignet, den nach physikalischen Gesetzen auftretenden, sogenannten *osmotischen Strömungen* zu dienen oder den Vorgängen der *Exosmose* und *Endosmose*, welche bestimmt zu sein scheinen, durch Ausgleichung der verschiedenen Dichtigkeit der Säfte, welche in der lebenden Pflanze cirkuliren, den Lebensprozess zu unterhalten.

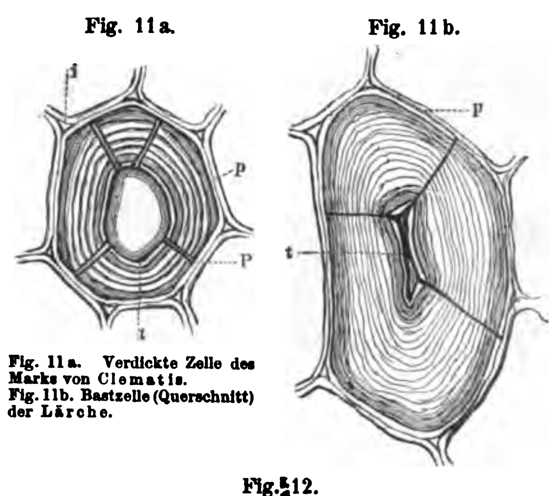


Fig. 11a. Verdickte Zelle des Marks von *Clematis*.
Fig. 11b. Bastzelle (Querschnitt) der *Lärche*.

Fig. 12.

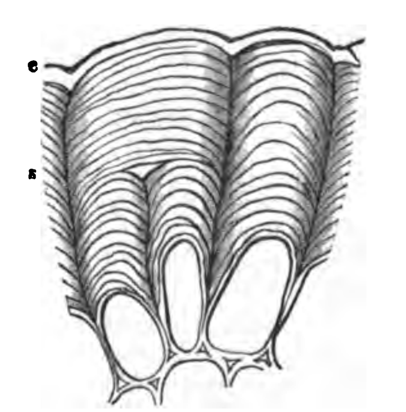


Fig. 12. Oberhautzelle der *Mistel*; c Cuticula; s Verdickungsschichten.

§. 4. Auf die innere Wand der ursprünglich vorhandenen *primären* Zellmembran, welche die junge Zelle als zartes homogenes Häutchen umschliesst, lagern sich häufig während des Lebensprozesses *secundäre* oder *Verdickungsschichten* ab, welche auf dem Querschnitt solcher verdickter Zellen als deutlich von einander abgegrenzte Lagen erscheinen. In vielen Fällen ist letzteres jedoch nicht der Fall, sondern diese Schichtung rührt nur daher, dass die einzelnen Lagen in Folge *ungleichen* Wassergehalts verschiedene Mächtigkeit zeigen (Fig. 11 u. 12), weshalb sie dann in trockenem Zustand oder unter

Alkohol gesehen, ungeschichtet erscheinen. Auch findet die secundäre Ablagerung in der Regel nicht vollständig auf der ganzen Innenwand statt, sondern es bleiben einzelne Parthien der primären Wand frei, wodurch das Innere der Zellwand ein verschiedenartiges Aussehen auf dem Längs- und Querschnitt erhält. Bleiben nur einzelne runde Stellen frei, so entstehen die Tüpfelzellen oder poröse Zellen (Fig 13), welche auf dem Querschnitte deutliche Porenkanäle zeigen, die die Communication zwischen dem Lumen der Zelle, nämlich dem noch nicht ausgefüllten Hohlraum im Innern, und der Zellwand vermitteln. Mitunter ist aber die secundäre Ablagerung eine so vollständige, dass das Lumen fast gänzlich geschwunden ist, wie z. B. bei den Bastzellen der ächten Chinarinde, auch bei denen der Lärche (Fig. 11, b), wo die dunklen radialen Linien die Porenkanäle andeuten. Durch die in verschiedener Weise abgelagerten Verdickungsschichten entstehen ferner die Netzfaserzellen (Fig. 14), die Spiralfaserzellen (Fig. 15), die Ringfaserzellen (Fig. 16), die Treppenzellen (Fig. 17); ähnliche Ablagerungen finden auch in Gefässen statt, welche dann Spiral-,

Fig. 13.



Fig. 13. Poröse oder Steinzellen aus der Fruchtschale von Juglans mit verzweigten Porenkanälen.

Fig. 14.

Fig. 14. Netzförmige Zelle (Impatiens).

Fig. 15.

Fig. 15. Spiralfaserzellen (Opuntia).

Fig. 16.

Fig. 16. Ringfaserzelle (Stengel von Zea).

Die
Elemente der Pharmacie.

Unter Mitwirkung von

Dr. G. Jäger, Prof. am Polytechnicum in Stuttgart.

und

Dr. W. Städel, Docent an der naturwissenschaftl. Facultät zu Tübingen.

herausgegeben

von

Dr. J. B. Henkel.
Professor der Pharmacie in Tübingen.

Zweiter Theil.
Allgemeine und medicinisch-pharmaceutische Botanik.

Bearbeitet von Dr. J. B. Henkel.

Leipzig.
Ernst Günther's Verlag.
1873.

Lehrbuch

der

allgemeinen

und

medicinisch-pharmaceutischen Botanik.

Zum Gebrauche für angehende

Naturforscher, Pharmaceuten

und

Mediciner

von

Dr. J. B. Henkel,
Professor der Pharmacie in Tübingen.

Leipzig.
Ernst Günther's Verlag.
1873.

Allgemeine und medicinisch pharmaceutische Botanik.

im Zellsaft als lebhaft gelb gefärbte, stark lichtbrechende Körnchen zurück bleiben.

Die Blumenblätter und andere nicht grün gefärbte Theile der Pflanzen enthalten verschieden gefärbte Stoffe theils in Gestalt von Kügelchen, wie in der äusseren Fruchthaut von Capsicum gelbroth, in den Schoten von Isatis blau, in den Perigonblättern von Tulipa gelb, mitunter auch in Form von Spindeln, theils in gelöster Form, was in der Regel bei blau, roth, violett gefärbten Blüthentheilen der Fall ist. Hlasiwetz bringt die verschiedene Färbung in diesen Pflanzentheilen in Verbindung mit der Gegenwart des Glycosids Quercitrin's, welches sich unter Einwirkung von Alkalien etc. in Quercetin und Zucker spaltet, welches letztere dann mit vorhandenen alkalischen Stoffen, dem Eisenoxyd etc. die verschiedenen Färbungen hervorbringen soll. Weiss gefärbte Blüthentheile bestehen aus mit Luft gefüllten Zellen, schwarze enthalten in letzteren sehr concentrirte violette oder braune Farbstoffe.

§. 9. 2) Die Stärke (Amylum) findet sich sehr häufig besonders in den Zellen der Phanerogamen und zwar als Reservestoff in den unterirdischen Achsenorganen, dem Mark, den Markstrahlen, in dem Ernährungsgewebe der Mittelrinde, in Früchten, namentlich denjenigen der Gramineen etc., in den Samen, jedoch auch in anderen Theilen, wenigstens periodisch, abgelagert; bei den Cryptogamen findet sich dieselbe nur in dem Gewebe höher organisirter, wie in den Rhizomen von Farnen, bei einigen Laubmoosen, auch bei einzelnen Algen, wie z. B. dem Fucus amylaceus, sogar bei einigen Pilzen wollen Currey und Tulasne sogenannte amorphe Stärke angetroffen haben; diese scheint aber ihre formlose Gestalt anderen Ursachen zu verdanken zu haben, als die von Schleiden gleichfalls so genannte in der Veracruz-Sarsaparille, den Cardamomensamen etc., wo es sich um eine einfache Kleisterbildung handelt.

In den meisten Fällen erscheint die Stärke organisirt und stellt dann verschieden geformte, fast stets farblose, durchsichtige Körperchen von 0,002—0,185 M. M. Durchmesser dar, welche fast geruch- und geschmacklos unter dem Mikroskop mehr oder weniger deutlich geschichtet erscheinen und einen Kernpunkt zeigen, um welchen die Schichten sich herumlegen; befindet sich dieser Kernpunkt in der Mitte des Stärkekörperchens, so bilden die Schichten concentrische Linien, wie z. B. bei der Roggenstärke (Fig. 23); liegt aber der Kernpunkt mehr an dem einen oder anderen Ende des Stärkekörnchens, so ist die Schichtung eine excentrische, wobei nur die zunächst um den Kern gelagerten Schichten in der Regel ganz herum laufen, während die von demselben entfernteren nur halbkreisförmige Schalen, so-

genannte Menisken darstellen, wie z. B. bei der Stärke im Rhizom von Curcuma Zedoaria, der Galanga (Fig. 24 S. 18). Auch hier hat dieses geschichtete Aussehen denselben Grund, wie bei den durch secundäre Ablagerung verdickten Zellen, nämlich es beruht auf dem ungleichen Wassergehalt der Schichten und es verschwindet dieses Aussehen, wenn die Stärke unter Alkohol, welcher das Wasser anzieht, betrachtet wird. Demnach besteht das Stärkekorn im Allgemeinen aus der eigentlichen Stärkesubstanz und aus Wasser, erstere selbst aber wieder aus zwei verschieden sich verhaltenden organischen Stoffen, von welchen die eine, von Naegeli als Granulose bezeichnet, sich in Speichel (bei etwa 45° C.), in Diastase, in Pepsin, in sehr verdünnter Salz-, Schwefel-, Chromsäure, auch in organischen Säuren etc. löst und dadurch ausgezogen werden kann, wobei das Stärkekorn fast unverändert seine Structur beibehält, aber durch Kupferoxydammoniak gelöst wird und die Eigenschaft verloren hat, durch Jod blau gefärbt zu werden. Diesen bei der oben angegebenen Behandlung zurückbleibenden Stoff betrachtet Nägeli als gewöhnliche Cellulose, während von Mohl denselben für einen eigenen Stoff hält, den er als Farinose bezeichnet.

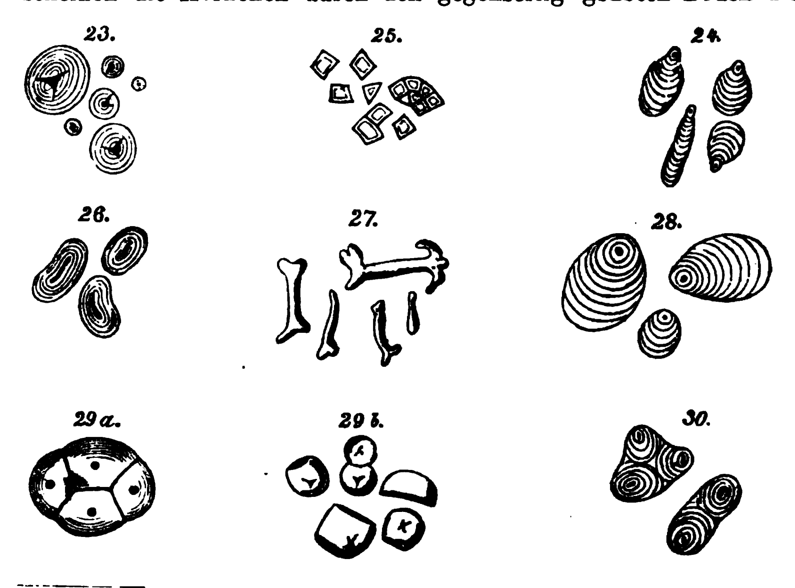
Bezüglich des allgemeinen Verhaltens der Stärke ist zu bemerken, dass dieselbe in kaltem Wasser, Alkohol, Aether, Chloroform, fetten und ätherischen Oelen unlöslich, in heissem Wasser, Kupferoxydammoniak, verdünnten Säuren, Aetzalkalien stark aufquillt, beim Kochen in Wasser Kleister, bei länger fortgesetztem Dextrin schliesslich Zucker (Dextrose) bildet und somit sich auflöst. Durch Jod werden die Stärkekörnchen violett in helleren oder dunkleren Nuancen, je nach der Concentration der Jodlösung gefärbt, ebenso durch Jodzinklösung; Jod und Schwefelsäure machen die Körnchen stark anschwellen und färben sie rein blau. Beim starken Austrocknen der Stärke entstehen an den einzelnen Körnchen Risse, welche vom Kernpunkt, als der wasserhaltigsten Parthie ausgehend, nach der Peripherie zu verlaufen; beim stärkeren Erhitzen blähen sich die Körnchen auf und zerfallen in ihre einzelnen Schichten.

Wie wir bereits oben hörten, bilden sich die Stärkekörnchen in den Chlorophyllbläschen oder dem Plasma überhaupt, wo sie verschiedene Umwandlungen, namentlich in Dextrin und Zucker etc. erfahren, so dass sie gelöst als Nahrungsstoff verwendet werden können, während der nicht verbrauchte Theil als Reservenahrung aufgespeichert wird. Dass aber noch bei Weitem andere Veränderungen mit derselben vorgehen, dass dieselben auch in andere Stoffe, als die genannten umgewandelt werden, beweisen mehrere Umstände; so fand z. B. de Lucca, dass die Oliven in unreifem Zustande Stärke enthalten, welche mit dem Auftreten des

fetten Oels verschwindet; ebenso steht in den Zellen der Wurzeln von Helleborus niger L. der Gehalt an Amylum in umgekehrtem Verhältniss zu jenem an Oeltröpfchen und es liegt die Vermuthung nahe, dass in beiden Fällen sich das Oel aus dem Amylum bildet. Eben so scheint die Stärke in naher Beziehung zur Bildung des Gerbstoffs zu stehen, wie aus den Untersuchungen von Hartig*) hervorgeht, welcher im Frühjahre zur Zeit der Auflösung der Reservestoffe den Gerbstoffgehalt am grössten fand.

Die verschiedene Form der Stärkekörnchen, welche für einzelne Pflanzen oft so charakteristisch ist, dass man dieselben oder Gemische von Stärkearten leicht unterscheiden kann, ist entweder eine einfache oder eine zusammengesetzte und zwar findet sich immer nur eine dieser beiden Formen in einer Pflanze, obgleich man mitunter scheinbar einfache Körnchen als Theilkörner zusammengesetzter Stärke antreffen kann.

In den meisten Fällen zeigt sich das Stärkekorn rundlich, namentlich in solchen Fällen, wo die Stärke nicht zu sehr gedrängt in den Zellen abgelagert, sich nach allen Richtungen entwickeln kann wie bei dem Weizen, Roggen (Fig. 23) etc.; im entgegengesetzten Fall, wie z. B. bei dem Mais, Reis (Fig. 25) scheinen die Körnchen durch den gegenseitig geübten Druck die



*) Dessen Pflanzenkeim, p. 102.

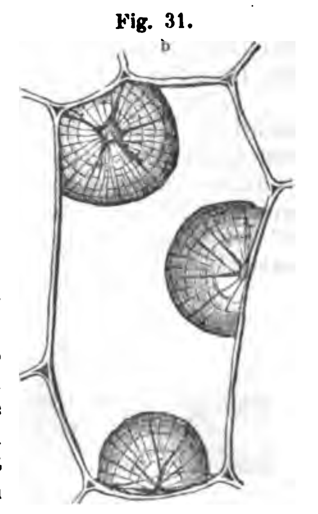
eckige Form anzunehmen; andere Formen sind die eirunde, in den Cotyledonen der Hülsenfrüchte (Fig. 26), die cylindrische oder stabförmige im Milchsafte gewisser Euphorbiaceen (Fig. 27), die eiförmige, wie z. B. in der Kartoffel. (Fig. 28).

Zusammengesetzte Stärkekörner finden sich sehr häufig, wie z. B. in der Sarsaparille (Fig. 29a) etc., entweder zusammenhängend, oder in die einzelnen Theilkörner zerfallen, wie z. B. bei der Cassavastärke (Fig. 29b).

Mitunter finden sich auch zwei oder mehrere mit Kernpunkten versehene Körner von einigen gemeinschaftlichen Schichten umgeben, wie z. B. in der Colombo-Wurzel (Fig. 30) etc.

§. 10. 3) Ein der Familie der Compositen eigenthümlicher, stärkeartiger Stoff ist das Inulin, welches zuerst in den Knollen von Dahlia variabilis gefunden, mitunter desshalb auch als Dahliin bezeichnet wird; dieses Inulin scheint in der Regel in der lebenden Zelle in gelöstem Zustande vorhanden zu sein und die Stärke zu ersetzen; trocknet die Lösung ein, so gestaltet sich das Inulin zu unregelmässigen, glasigen Massen, welche bei längerer Berührung mit Wasser rasch durch Kalilösung, Mineralsäuren gelöst werden; aus der wässerigen Lösung wird dasselbe durch Alkohol, auch durch Glycerin feinkörnig niedergeschlagen; wenn man aber die diesen Körper enthaltenden Gewebstheile länger in Alkohol liegen lässt, so nehmen in gewissen Fällen die Inulinmassen die Gestalt eigenthümlich geformter Krystallkugeln an, welche man als Sphaerokrystalle bezeichnet (Fig. 31). Jod äussert keine sichtliche Einwirkung auf das Inulin.

Fig. 31.



§. 11. 4) Proteinkörper sind als Bestandtheile des Zellinhaltes in sofern von besonderer Wichtigkeit, als sie die Grundlage des Plasma bilden, jedoch auch sonst häufig als Reservestoff abgelagert sich vorfinden und zwar entweder, was am häufigsten der Fall zu sein scheint, gelöst im Zellsaft, oder als körnige Substanz, seltener in Gestalt von krystallähnlichen Gebilden oder Krystalloiden, welche dadurch von eigentlichen Krystallen abweichen, dass sie fähig sind aufzuquellen und dass ihre Winkel durchaus keine Regelmässigkeit zeigen, wie sie den wahren Krystallen eigen ist (Fig. 32).

Die Proteinkörper sind im Allgemeinen in Wasser löslich, färben sich auf Zusatz von Zuckerlösung und Schwefelsäure oder

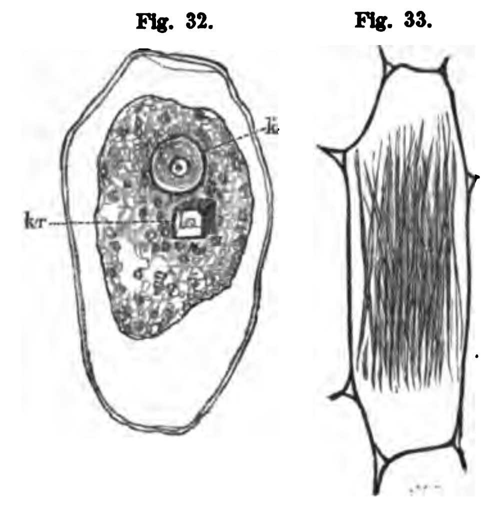


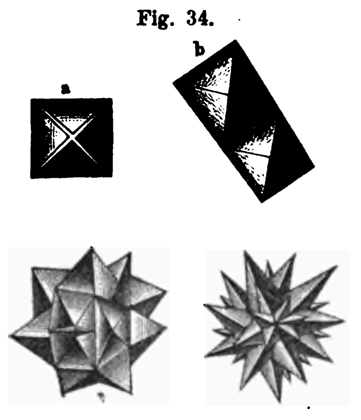
Fig. 32. Fig. 33.

unter Einwirkung von salpetersaurem Quecksilberoxydul (Millon'sches Reagens), besonders beim Erwärmen, roth und werden durch Jodlösung gelb bis braun gefärbt, durch Alkohol und Mineralsäuren werden sie aus ihren Lösungen gefällt.

In den ölhaltigen, stärkmehlfreien Cotyledonen gewisser Leguminosensamen, ferner in den Paranüssen, Haselnüssen etc., auch neben Stärke in dem Albumen der Coniferensamen findet sich das sogenannte von Hartig entdeckte Klebermehl oder Aleuron in Gestalt rundlicher, farbloser oder gefärbter Körner von 0,0003—0,009 M. M. Durchmesser, welche bei Druck in eckige Partikel zerfallen.

§. 12. 5) Krystalle finden sich häufig in den Zellen, namentlich höherer Gefässpflanzen und zwar einzeln in Gestalt von Octaedern, Prismen, klinorhombischen Tafeln etc. oder büschelartig vereinigt in Gestalt sogenannter Raphiden (Fig. 33), welche besonders häufig in den Zellen der Monocotyledonen, z. B. in der Rinde der Sarsaparille, in den Chinawurzeln, der Meerzwiebel etc. angetroffen werden oder endlich in Gestalt von Drusen, wie z. B. in der Wurzel der Rhabarber und als krystallinisches Mehl, wie in der Mittelrinde verschiedener Cinchona-Arten. Die Abbildung Fig. 34 zeigt mehrere solcher Krystallformen.

Fig. 34.



Diese Krystallzellen stehen entweder zerstreut in den verschiedenen Geweben, wie Rinde, Mark etc. oder sie begleiten reihenweise angeordnet die Bastbündel, wie z. B. bei der Cortex Salicis und die Krystalle selbst bestehen wohl einzig aus oxalsaurem Kalk, welcher bekanntlich die Fähigkeit besitzt, sowohl im klinorhombischen als

quadratischen System zu krystallisiren, womit sich die Verschiedenheit in der Form der Krystalle erklärt.

Die Alkaloide, welche für die medicinische Wirksamkeit gewisser Pflanzentheile von so grosser Bedeutung sind, ist man in der Regel nicht im Stande als in den Zellen krystallinisch abgelagerte Stoffe zu finden; doch will Howard in einer allerdings sehr alkaloidreichen rothen Chinarinde die betreffenden Alkaloide krystallinisch angetroffen haben, ein Fall, der wohl bis jetzt noch vereinzelt dasteht.

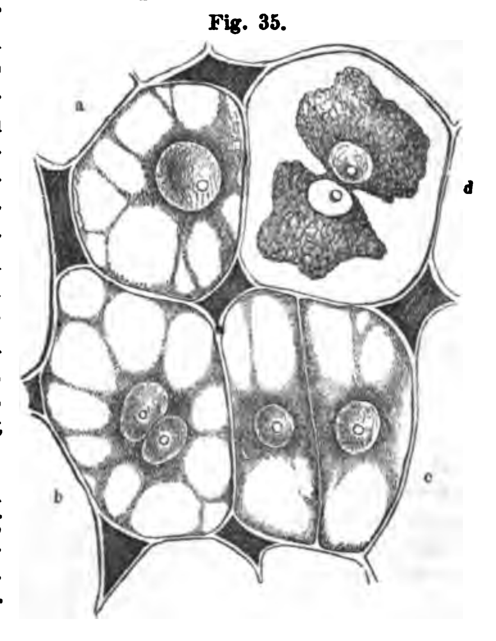
Die übrigen chemischen Bestandtheile der Pflanzen werden in einem eigenen Kapitel abgehandelt werden.

Drittes Kapitel.

Zellbildung und Zellvermehrung.

§. 13. Der Prozess der Zellbildung findet, wie wir bereits gehört haben, in der Weise statt, dass sich das für die Zelle bestimmte Protoplasma zu einem rundlichen Bläschen zusammenzieht und eine Sistirung der etwa vorher bestandenen Bewegung eintritt. Diese Erscheinung tritt selten primär in gährenden Flüssigkeiten auf, wie bei der Bildung der Hefe, sondern in der Regel innerhalb einer bereits vorhandenen Zelle, welche man als Mutterzelle bezeichnet, wie die in derselben auftretenden jungen Zellen als Tochterzellen (Fig. 35). Dabei wird der ursprünglich in der Mutterzelle vorhandene Zellkern gelöst und es entstehen so viele neue, secundäre Zellkerne, als junge Zellen gebildet werden.

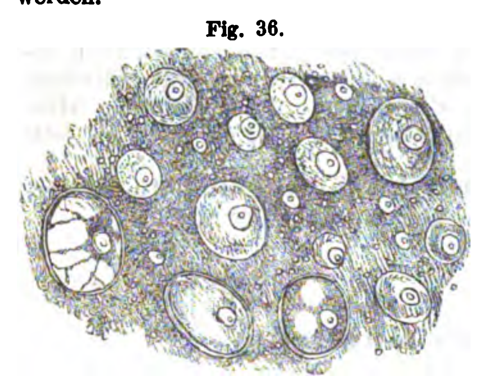
Fig. 35.



Je nachdem nun bei der secundären Zellbildung eine Theilung des Primordialschlauchs der Mutterzelle stattfindet oder

nicht, unterscheidet man zwei Arten von Zellbildung, welche als freie oder als Zellbildung durch Theilung bezeichnet werden.

Fig. 36.



Bei der freien Zellbildung (Fig. 36), welche namentlich im Keimsack, in den Sporen der Kryptogamen etc. stattfindet, treten die Protoplasmamassen der Mutterzellen um die neu gebildeten Zellkerne und bilden so neue Zellen, welche in dem Inhalte der noch einige Zeit fortbestehenden Mutterzelle sich fort entwickeln; gewöhnlich umgeben sich die jungen Zellen schon in der letzteren mit einer Zellstoffmembran, welche nach der Ansicht einiger Autoren aus dem Protoplasma ausgeschieden wird, nach der anderen nur in Folge einer Erhärtung des Protoplasma entsteht.

Weit häufiger dagegen ist die Zellbildung durch Theilung, (Fig. 35), mitunter auch als wandständige Zellbildung bezeichnet; bei dieser theilt sich das Protoplasma der Mutterzellen, häufig auch der Zellkern, in mehrere Portionen, welche aber die Mutterzelle ganz ausfüllen; die einzelnen Tochterzellen umkleiden sich bald mit einer Zellstoffhülle und die Mutterzelle wird endlich resorbirt. Der Vorgang der Theilung des Protoplasma oder Primordialschlauchs geht entweder allmälig vor sich und man kann die Bildung der jungen Zellen, besonders auf Zusatz von Alkohol zu den Zellen, in welchen dieser Vorgang stattfindet, gut beobachten; oft aber findet die Bildung so rasch statt, dass es nicht möglich ist, dieselbe in allen Stadien zu verfolgen.

Nur bei den niederst organisirten pflanzlichen Gebilden finden wir, dass dieselben während ihrer ganzen Existenz nur aus einer einzigen Zelle bestehen; meist vereinigen sich mehrere zu Gruppen und bilden auf diese Weise zusammenhängende Massen, indem sich entweder die Zellwände in Folge inniger Berührung dicht mit einander verbinden und dabei ihre unveränderte Structur beibehalten oder es kann die Zellwand eine völlige Umwandlung ihrer Structur in der Weise erfahren, dass die Zellhautschichten der sich berührenden Zellen nicht mehr von einander durch äussere Einwirkung getrennt werden können, wie es im ersten Falle geschehen kann, sondern höchstens durch

Quellung oder Einwirkung von Säuren und Alkalien gelöst. Der früher als sogenannte Intercellularsubstanz bezeichnete Stoff, den man als eine Art Kitt betrachtete, der die Zellen der Gewebe zusammenhalte, existirt somit nicht, sondern es sind die Zellwände selbst, welche mehr oder weniger innig mit einander verschmelzen.

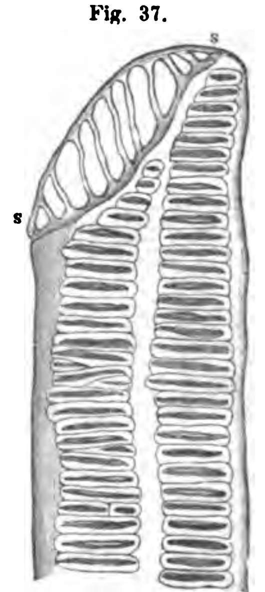
Viertes Kapitel.

Gefässe (Vasa).

§. 14. Die Gefässe bilden eine Abtheilung der Elementarorgane der Pflanzen, welche aus Zellen entstehen, aber nur in den höher organisirten Pflanzen anzutreffen sind; die niederstorganisirten wie die Algen, Flechten, Pilze, bestehen nur aus Zellen und werden deshalb auch Zellpflanzen, Plantae cellulares, genannt, während diejenigen, welche mit Gefässen ausgestattet sind, als Gefässpflanzen, Plantae vasculares, bezeichnet werden.

Die Gefässe sind bald mehr, bald weniger verlängerte, meist in der Richtung des Wachsthums verlaufende Canäle oder Röhren, welche aus einer Verschmelzung (Fusion) mehrerer über einander stehender Zellen entstehen, indem die an einander stossenden Wände ganz oder theilweise durch Resorption verschwinden. Letztere ist am vollständigsten, wenn die Berührungswände horizontal über einander stehen, weniger vollständig, wenn sich die Zellen schief berühren, wobei dann netz- oder leiterförmige Stellen zurückbleiben (Fig. 37). Mitunter findet gar keine Resorption der Querscheidewände statt, wie bei den Gefässen vieler Monocotyledonen, höherer Kryptogamen, auch bei gewissen Dicotyledonen, wo man dann diese Organe als Leitzellen bezeichnet. In völlig ausgebildetem Zustande enthalten die Gefässe nur Luft und höchstens im Frühjahre, wo der Saftzufluss aus den Wurzeln am stärksten ist, gelangt Flüssigkeit in dieselben, worauf das „Thränen“ beim Beschneiden der Weinrebe beruht.

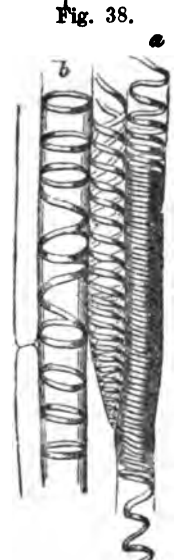
Fig. 37.



Die Hauptformen der Gefässe sind:

1) Spiralgefässe (Vasa spiralia), die einfachste Form der Gefässe, welche

Fig. 38.

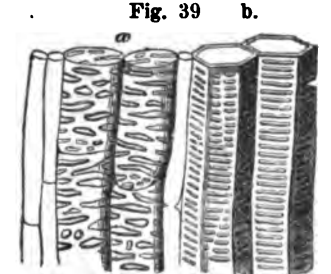


besonders gut in den Blattnerven und in jüngeren Stengeltheilen zu beobachten ist; die Verdickungsschichten auf der inneren Wand derselben bestehen aus einer bald nach rechts, bald nach links gewundenen Spiralfaser, zwischen welcher die dünne Gefässwand zu erkennen ist; mitunter ist die Faser nach Zerreissung der letzteren abrollbar, wie z. B. in der Testa des Cacao, in den Stengeln monocotyler Pflanzen etc. (Fig. 38, a). Bilden die Verdickungsschichten entfernter angeordnete, mitunter durch eine weite Spirale verbundene Ringe, so nennt man die Gefässe — Ringgefässe (Vasa annularia) (Fig. 38, b), welche in saftigen Stengeltheilen, auch im spanischen Rohr etc. angetroffen werden.

2) Netzförmige Gefässe (Vasa reticularia) sind solche, bei welchen die secundäre Ablagerung in der Weise statt fand, dass die Gefässwand stellenweise frei blieb, obgleich auch hier eine spiralige Anordnung der Verdickungsschichten nicht zu verkennen ist (Fig. 39, a).

3) Treppen- oder Leitergefässe (Vasa scalariformia), besonders in den Rhizomen der Farnkräuter etc. zeigen in der Verdickungsschicht schmale, spaltförmige Lücken, durch welche die Wandung hindurchschaut und zwar sind dieselben in mehr oder weniger regelmässigen Reihen, gleich den Sprossen einer Leiter angeordnet (Fig. 39, b).

Fig. 39 b.



4) Poröse oder punktirte Gefässe (Vasa porosa s. punctata) sind analog den Tüpfelzellen mit rundlichen Poren, den nicht verdickten Stellen der Gefässwand, versehen, welche mit jenen der benachbarten Gefässe communiciren; dasselbe ist auch bei den Treppengefässen der Fall. An diesen porösen Gefässen, welche besonders häufig in dem Holze der Coniferen, der Eiche, im Lignum Guajaci etc. vorkommen, erkennt man nicht selten, dass die Querscheidewände nicht völlig resorbirt sind, sondern nur stellenweise Spalten und Löcher zeigen (Fig. 40); an den Berührungsstellen der ursprünglichen Zellen sind deutliche Einschnürungen zu erkennen.

5) Rosenkranzförmige Gefässe (V. moniliformia)

(Fig. 41) sind solche, welche aus sehr kurzen, durch Einschnürungen unregelmässigen Gliedern bestehen, wie solche z. B. in den Knoten des Stengels der Balsaminen etc. vorkommen.

Keine dieser Gefässformen kann in die andere übergehen, sondern jede behält ihre ursprüngliche Form bei. Spiral- und Ringgefässe finden sich immer in den ältesten Theilen der

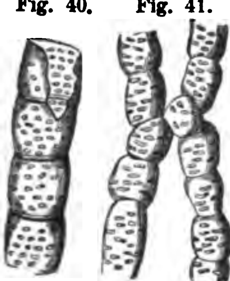



Fig. 40. Fig. 41.



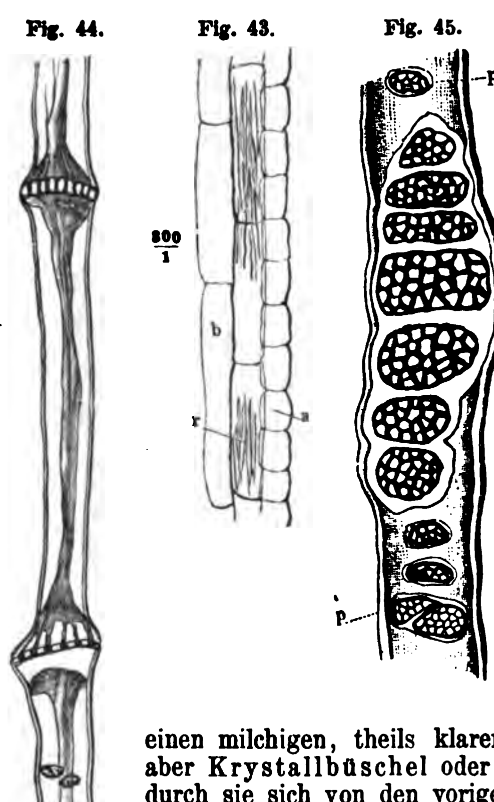

Fig. 42.

Pflanze und man kann sich ihre Entstehung auf die Weise denken, dass nach der secundären Ablagerung eine starke Ausdehnung derselben stattgefunden habe. Ihrer Lage nach sind, wo beide Arten vorkommen, die Ringgefässe die älteren; wo letztere fehlen, folgen auf die Spiralgefässe in der Regel die Netzgefässe, dann erst die Tüpfelgefässe, mit welchen die Treppengefässe in Bezug auf ihre Lage gleichwerthig sind. Nur selten kommen die Gefässe vereinzelt vor, sondern meist zu mehreren und mit Zellen von bestimmter Form zu Bündeln, den weiter unten zu besprechenden Gefässbündeln oder Fibrovasalsträngen, verbunden.

§. 15. Bei den Gefässen sind ferner noch zu erwähnen:

Die Milchsaftgefässe (Vasa laticifera), welche verhältnissmässig wenigen Pflanzen zukommen, namentlich aber bei Gliedern der Familien der Artocarpeen, Urticaceen, Euphorbiaceen, Papaveraceen, Compositen, Umbelliferen etc. häufig auftreten und einen je nach der betreffenden Pflanze verschiedenen theils indifferenten, theils mehr oder weniger heilkräftigen, oft gefärbten Saft führen, welcher seiner rahmartigen Consistenz wegen Milchsaft*) genannt wird. Diese Gefässe

*) Solche Säfte sind jedoch nicht allein in diesen Gefässen eingeschlossen,



sind theils einfache, wie z. B. in dem Stengel der Mohnpflanze, oder netzartig mit einander zusammenhängende Röhren (Fig. 42), welche sowohl in der Rinde, als in dem Holze und Marke, meist aber in der ersteren und zwar zwischen Holz und Bast vorkommen und von einigen Autoren mit den Bastzellen in Verbindung gebracht werden. Sehr nahe verwandt mit den Milchsaftzellen sind die Schlauchgefässe (Fig. 43) Vasa utriculiformia, welche besonders in der äusseren Rinde und den blattartigen Organen der Monocotyledonen vorkommend, theils einen milchigen, theils klaren Saft enthalten, stets aber Krystallbüschel oder Raphiden führen, wodurch sie sich von den vorigen unterscheiden.

Die Siebröhren (Vasa cribrosa), welche sich meist in der jüngsten Parthie des monocotylen Gefässbündels, auch bei verschiedenen dicotylen Pflanzen, finden, entstehen durch Vereinigung über einander stehender Zellen, deren Querscheidewände siebartig durchlöchert sind und oft auf beiden Seiten eine Anschwellung (Callus) zeigen; man nennt diese Scheidewände Siebplatten (Fig. 44). Eine eigenthümliche Form dieser Siebröhren, welche man auch als Siebleitzellen bezeichnet hat, zeigt auch an den Seitenwänden siebartige Löcher (Siebtüpfel), wie z. B. bei der Linde (Fig. 45). Bei einigen Pflanzen will man scheinbare

---

sondern sie finden sich auch in sogenannten Milchsaftgängen, verschieden grossen Hohlräumen zwischen dem Zellgewebe, welche keine eigene Wandung besitzen, wie z. B. bei gewissen Musaceen, Aroideen, bei Alisma Plantago etc.

Uebergänge zwischen diesen Siebröhren und Milchsaftgefässen gefunden haben, wie bei den Ahornarten etc. Beide Gefässformen werden auch mitunter als Bastgefässe bezeichnet.

Fünftes Kapitel.

Das Pflanzengewebe.

§. 16. Die Vereinigung grösserer Mengen von Zellen zu zusammenhängenden Complexen nennt man Zellgewebe, wobei sich die Membrane jugendlicher Zellen entweder dicht berühren und zu einer homogenen Masse verschmelzen, wie z. B. bei Algen (Fig. 46) oder es verwachsen die sich mehr oder weniger innig berührenden, gleichartigen Zellwandungen nur an den Berührungsstellen und zwar oft so fest, dass sie nur durch chemische Einwirkung isolirt werden können, während in anderen Fällen, wie z. B. im Fleisch von Birnen etc. leicht eine Trennung derselben möglich ist. Berühren sich kuglige Zellen, ohne dass ein Druck auf sie einwirkt, so können sie sich natürlich nur stellenweise, nicht mit ihrer ganzen Fläche, berühren und es bilden sich in diesem Falle dreiseitige Zwischenräume — Intercellularräume (Meatus intercellulares) (Fig. 47), welche in der Regel Luft, seltener, und zwar in dem oben (Anmerkung zu §. 14) angegebenen Falle, Milchsäfte enthalten; vereinigen sich die Intercellularräume zu einem zusammenhängenden System von Kanälen, so werden dieselben als Intercellulargänge (Meatus s. ductus intercellulares) bezeichnet und diese können sich dann zu Luftröhren, Luftkanälen, Luftlücken etc. erweitern, wie z. B. bei dem Rhizom von Carex arenaria, dem Calmus etc. (Fig. 48a).

Fig. 46.

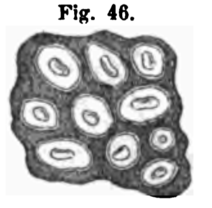
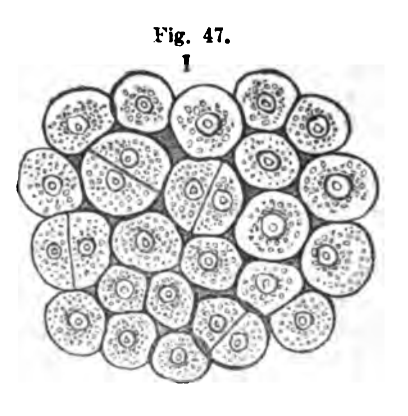


Fig. 47.



Hierher gehören auch die sogenannten Balsamgänge (bei Umbelliferen), z. B. in der Radix Angelicae, Levistici etc., die Harzgänge (bei Coniferen), die Gummigänge (bei Amygdaleen etc.), welche keine eige-

Fig. 48 a.

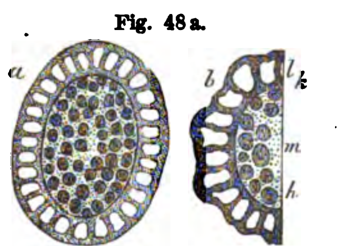
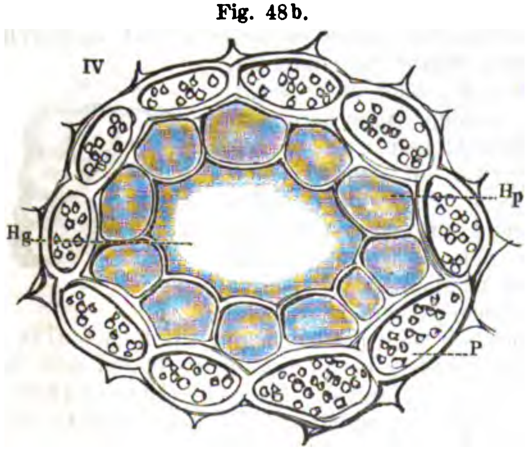


Fig. 48. Querschnitt durch Rhizoma Carizis; l Luftlucken; k Kernscheide, h Gefässbündel, m Mark.

Fig. 48 b.



nen Wandungen besitzen, sondern in Folge einer Auseinanderweichung des Zellgewebes, welches dann in der entstandenen Höhlung in der Regel mit secernirenden Zellen ausgekleidet wird, gebildet werden (Fig. 48 b.).

Je nach der Form, Ausbildung und der Art und Weise der Verbindung der dieselben zusammensetzenden Elementarorgane unterscheidet man mehrere Formen von Geweben, welche aber sämmtlich aus dem sogenannten Urparenchym oder Meristem hervorgehen, welches sich an allen jugendlichen Pflanzentheilen an dem Vegetationspunkte findet, wo überhaupt eine Neubildung stattfindet. Eine sehr wichtige Form desselben ist die dünnwandige, zarte Gewebsparthie, welche, zwischen Rinde und Stamm gelegen, durch regelmässige Bildung neuer Holz- und Bastschichten das Dickenwachsthum des Stammes der Dicotylen unterhält; man nennt diese letztere Form von Urparenchym peripherisches, jene an dem Vegetationspunkte terminales Cambium und werden wir unten wieder auf dasselbe zurückkommen.

§. 17. Das eigentliche Nahrungsgewebe ist das Parenchym, vollständiges oder aufzelliges, Füll- oder Würfelgewebe (Parenchyma), welches am verbreitetsten in allen Pflanzen mit Ausnahme der niedersten Cryptogamen (Algen, Flechten, Pilze) vorkömmt. Dasselbe besteht entweder aus nach allen Richtungen gleichmässig entwickelten, aber durch Druck polyedrischen, Zellen und wird dann ein regelmässiges genannt oder die einzelnen Zellen sind ungleich gross und bilden ein unregelmässiges; die Form des Parenchyms, bei welcher sich die runden, ellipsoidischen oder sternförmigen Zellen nur unvoll-

ständig berühren und desshalb grosse Intercellularräume bilden, nennen einige Autoren auch Merenchym (Fig. 49), doch ist es oft schwer, genaue Unterschiede zu treffen, desshalb letztere Benennung nicht allgemein angenommen. Mauerförmig nennt man das Parenchym, wenn die Zellen, tangential gestreckt, fast quadratisch, deutliche Querreihen bilden; eine besondere Form des Parenchyms ist ferner das Leimgewebe, Collenchym, bei welchem die einzelnen Zellen in der Art verdickt sind, dass der Hohlraum derselben rund, die Contour dagegen viereckig erscheint, somit die Ecken besonders starke Verdickung zeigen (Fig. 50).

Fig. 49.

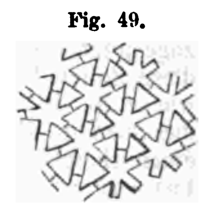
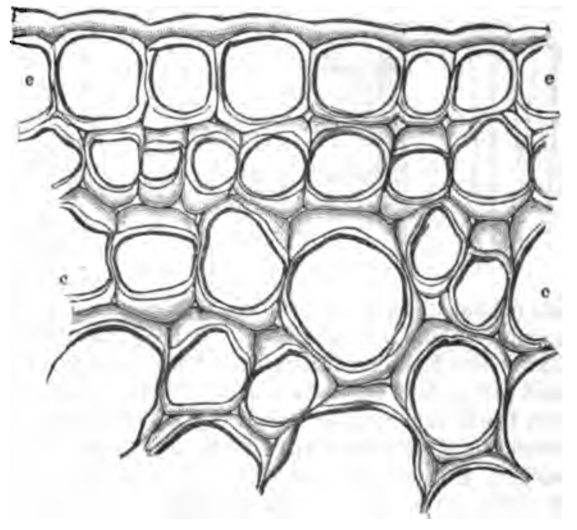


Fig. 50.



Gewöhnliches Parenchym zeigt in der Regel wenig verdickte Wandungen, doch können diese letzteren auch stark verdickt und mit Porenkanälen versehen sein und man nennt solche Zellen dann Steinzellen; letztere ähneln auf dem Querschnitte dann gewissen Bastzellen, unterscheiden sich aber von solchen dadurch, dass sie auf dem Längsschnitt dieselbe Gestalt zeigen, wie auf dem Querschnitt, während die Bastzellen auf ersterem lang gestreckt erscheinen; solche Steinzellen sind sehr verbreitet in der Mittelrinde verschiedener Laurineen, z. B. im Zimmt, ferner in den verschiedenen Cinchonen etc., im Fleische von Birnen etc. (Fig. 51).

Fig. 51.



Die Parenchymzellen bilden das eigentliche Magazin für die Ernährungsstoffe der Pflanzen und sind desshalb in der Regel mit solchen, besonders mit Amylum, Inulin, Zucker etc. gefüllt.

§. 18. Das Prosenchym oder Fasergewebe (Prosenchyma) besteht aus dicht aneinander liegenden, meist ziemlich verdickten Zellen, bei welchen die Längendimension überwiegt, welche desshalb auch als langgestreckte Zellen bezeichnet werden, bei welchen die Enden in der Regel mehr oder weniger zugespitzt oder schräg abgestutzt erscheinen. Gewöhnlich sind diese Zellen leer und nur ausnahmsweise enthalten sie Amylum, wie z. B. in dem Holzkörper der Ipecacuanhawurzel. Während dieselben im Holze in der Regel hart und zähe werden und einen Hauptbestandtheil desselben darstellen, bleiben sie in der Innenrinde, im sogenannten Baste, zähe und biegsam, was ihre technische Verwendung zu Gespinnsten etc., wie bei der Leinen-, Hanf-, Nesselfaser etc. ermöglicht (Fig. 52).

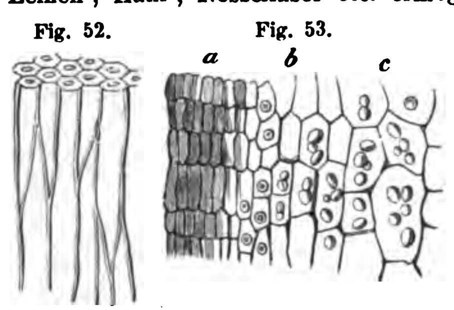


Fig. 52. Fig. 53.

§. 19. Das Kork- oder Vernarbungsgewebe (Contextus suberosus) besteht aus flachen, tafelförmigen, zu radialen Reihen angeordneten Zellen, welche Luft enthalten und deren Wände aus dem oben bereits erwähnten Suberin bestehen (Fig. 53, a); nur jugendliche Korkzellen enthalten Protoplasma, sterben aber bald ab, indem letzteres verschwindet und die anfänglich vorhandene Cellulose sich in Korkstoff umwandelt. Der Kork entsteht unter dem Epidermalgewebe in dem darunter befindlichen Parenchym und mit seinem Entstehen wird die Epidermis abgeworfen, weil durch den Kork kein Saftaustausch mehr stattfinden kann. Ebenso wie die äusseren Korkreihen verwittern und zerfallen, bilden sich in der jungen Korkschicht (den Mutterzellen des Korks oder dem Korkcambium) durch Theilung stets neue Korkreihen und zwar ist die Bildung derselben oft eine sehr reichliche, wie z. B. an der Korkeiche, deren Rinde überhaupt als Typus für diese Gewebsform gilt. Dass aber der Kork überhaupt das eigentliche Vernarbungsgewebe ist, welches den darunter liegenden Gewebsparthien Schutz gegen atmosphärische Einflüsse gewährt, beweist der Umstand, dass sich an verletzten Stellen der Rinde, in entstehenden Rissen, sofort Kork bildet und zwar meist in Form von Lenticellen oder Korkwarzen, kleinen, warzenförmigen Korkwucherungen, welche sich besonders auf jüngeren Rinden, wie Cortex Rhamni Frangulae, Pruni Padi etc. reichlich finden.

In gewissen Fällen findet eine Korkbildung in der Weise statt, dass die Rinde von Stämmen bei grösserer Ausdehnung des Stamm-

umfangs zerreisst, während an den Rändern der entstandenen Risse das Gewebe der inneren Zellschicht durch lagenweise Neubildung zunimmt und die Ränder dann wulstig verdickt. Diese Bildung von Korkschichten (Borke, Rhitidoma) findet entweder unregelmässig statt, wobei dieselben schräg in die darunter liegenden Parthien der Mittel- und Innenrinde eintreten, wo dann nach dem Absterben des Korks auch jene Gewebsparthien in Form von Schuppen abgeworfen werden, wie z. B. bei der China Calisaya, bei der Eiche, bei Pinus etc. (Schuppenborke) oder der Kork erscheint in förmlichen Ringschichten, wobei die aussen liegenden Rindenparthien als Ringelborke abgeworfen werden, wie z. B. bei dem Weinstock, Wachholder etc. (Fig. 54).

Fig. 54.

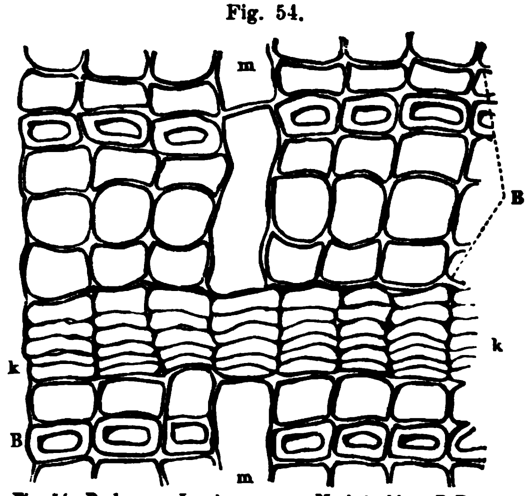


Fig. 54. Borke von Juniperus: m Markstrahlen; B Bastparthie, k Korkschicht.

Die Art des Korks, wie selbe Fig. 53 als dünne Lage flacher, wenig verdickter Zellen von lederartiger Textur zeigt, vermehrt sich sowohl in radialer, als in peripherischer Richtung wahrscheinlich durch Theilung der äusseren Reihe des Rindenparenchyms, wobei immer die äussersten Reihen verwittern, während die inneren nachrücken. Man nennt diesen Kork Lederkork oder Periderma und so lange nur solcher vorhanden, bleibt die Rinde glatt. Eine andere Form ist der Schwammkork (Stratum suberosum), dessen Zellen mehr länglich quadratisch oder polyedrisch, dünnwandig, oft mit Steinzellen untermischt, bedeutend dickere Schichten bilden, wie bei der Korkeiche, bei Ulmus suberosa etc. Auch die Korkwarzen oder Lenticellen bestehen aus dieser Korkform; übrigens bilden beide Korkformen mitunter abwechselnde Schichten, wie z. B. bei Betula etc.

§. 20. Epidermalgewebe oder Oberhautgewebe (Contextus epidermalis). Dieses ganz charakteristische Gewebe bildet die äusserste Zellschicht jüngerer Pflanzentheile der Phanerogamen und höheren Gefässkryptogamen mit Ausnahme der Moose, wo sich dasselbe nur auf Frucht und Stengel beschränkt; die Zellen

enthalten bei demselben nie Stärke oder Chlorophyll und werden abgeworfen, sobald unter denselben Kork entsteht; so ist z. B. das weisse abziehbare Häutchen auf den jungen Weidenzweigen Epidermis, während diese bei der offizinellen Weidenrinde durch Kork verdrängt ist.

Die Gestalt der Oberhautzellen ist eine sehr verschiedene; die eigentliche Oberhaut (Epidermis) besteht in der Regel aus tafelförmigen, nach aussen und an den Seitenwänden mehr als nach innen verdickten, aussen von der Cuticula, einem dünnen, structurlosen Häutchen, bedeckten Zellen und umkleidet die Oberfläche des Stammes, der Blätter, der meisten Samen.

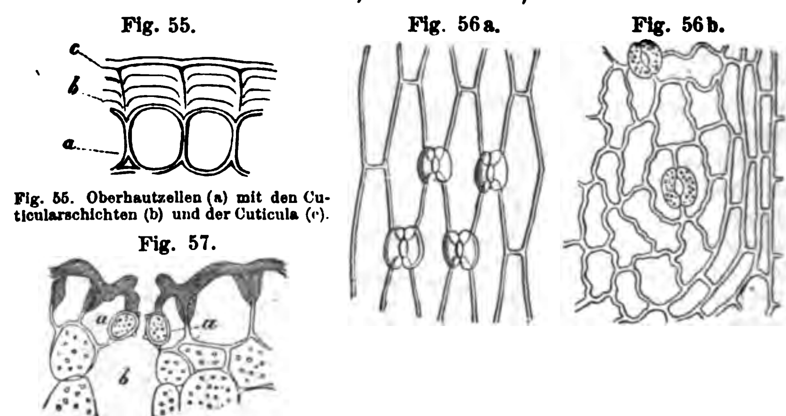


Fig. 55. Oberhautzellen (a) mit den Cuticularschichten (b) und der Cuticula (c).

Fig. 56a. Fig. 56b.

Fig. 57. Spaltöffnung im Längsschnitt; a Schliesszellen, b Athemhöhle.

Diese Cuticula (Fig. 55) ist ein Umwandlungsproduct der äusseren Schicht der Zellhaut, dünn, structurlos, unlöslich in concentrirter Schwefelsäure, Kalilauge etc. aber nach Einwirkung dieser Reagentien leicht ablösbar; die innerste Verdickungsschicht der Epidermalzellen besteht aus Cellulose. Die Epidermis sämmtlicher grün gefärbter Pflanzentheile enthält eine grössere oder geringere Anzahl von Spaltöffnungen (Stomata), feine Oeffnungen, welche von zwei oder vier länglich runden, halbmondförmig gegen einander gekrümmten Zellen, den sogenannten Schliess- oder Porenzellen, umfasst werden; letztere sind kleiner als die benachbarten Epidermiszellen und noch durch ihren Chlorophyllgehalt von diesen verschieden (Fig. 56). Die Spaltöffnungen vermitteln den Gasaustausch im Innern der Pflanzen und liegen theils in gleicher Linie mit den Epidermiszellen, theils etwas tiefer (Fig. 57) und entstehen auf diese Weise, dass nach Theilung einer Mutterzelle in den betreffenden Oberhautzellen die beiden Hälften in der Mitte aus einander weichen und dadurch

die Oeffnung nach Innen bilden; je nachdem die Schliesszellen bald mehr, bald weniger auseinander treten, wird der Gasaustausch regulirt. Alle höher organisirten Pflanzen von den Laubmoosen aufwärts besitzen auf ihrer Epidermis Spaltöffnungen, die Blätter der Monocotylen zeigen solche gewöhnlich auf beiden Blattflächen, jene der Dicotylen nur auf der unteren; im Wasser untergetauchte Blätter haben keine, schwimmende nur oberseits solche.

Besondere Formen des Epidermalgewebes sind ferner das Epithel und das Epiblema; das erstere (Epithelium) findet sich hauptsächlich auf secernirenden Flächen, wie auf der Oberfläche der Blumenblätter, der Narbe, dem Griffelkanal, als Auskleidung der Fruchtknotenhöhle während der Blüthezeit etc. und stellt ein zartwandiges, aus Cellulose gebildetes Gewebe dar, welches fast nie verholzend, oft zu keulenförmigen Hervorragungen sich gestaltet; der sammtartige Glanz gewisser Kronblätter wird durch solche Hervorragungen oder Papillen bedingt; Spaltöffnungen fehlen in dem Epithel, ebenso auch bei dem Epiblema, mit welcher Bezeichnung Schleiden das Epidermalgewebe junger Wurzeltheile bezeichnet, wie z. B. bei der Sarsaparille etc. Diese Epidermisform verholzt oder verkorkt sehr häufig und stellt meist mehrere Reihen braun oder röthlich gefärbter, stark nach Aussen verdickter und dadurch gewölbt erscheinender Zellen dar, welche sich mitunter auch zu Haaren verlängern.

§. 21. Als unzweifelhaft zur Oberhaut gehörig sind hier noch einige Nebenorgane zu nennen, welche gewöhnlich als Anhangsgebilde (Organa appendicularia), wohin die, einen Ueberzug gewisser Pflanzentheile bildenden, Haare, Drüsen, Stacheln etc. zu rechnen sind.

Fig. 58. Fig. 59.

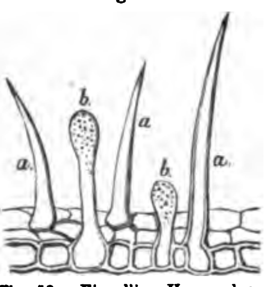


Fig. 58. Einzellige Haare der Oberhaut von Oenothera. a einfache, b drüsige.
Fig. 59. Brennhaar von Urtica urens.

Die Haare (Pili) entstehen aus einer einfachen Verlängerung von Oberhautzellen (Fig. 58a); befinden sich dieselben an der Wurzel, so heissen sie Wurzelhaare. Dieselben laufen entweder verjüngt zu oder sie sind am Ende kolbig aufgetrieben (Fig. 58b) und enthalten eigenthümliche Säfte, ätherische Oele etc. Die Brennhaare (pili urentes) endigen in eine spröde, scharfe oder auch in eine knopfartige Spitze und enthalten einen ätzenden, scharfen Stoff, welcher in die Haut eindringt, nachdem bei Berührung die Spitze abgebrochen ist; meist

ist dieser brennende Stoff Ameisensäure, wie bei der Nessel (Fig. 59). Die Haare können jedoch auch aus mehreren Zellen bestehen und zeigen sich dann sowohl einfach als auch gegliedert oder verästelt, strahlig etc., welche Formen jedoch auch bei, aus einer Zelle gebildeten, Haaren vorkommen kann. Nehmen Haare eine festere, derbe Beschaffenheit an, so nennt man sie Borsten (Setae); Stacheln (Aculei) sind jedoch Complexe stark verholzter, dickwandiger Zellen (Fig. 60).

Fig. 60.

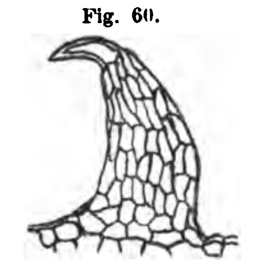


Fig. 60. Stachel von den Stengeln von Humulus.

Fig. 61.

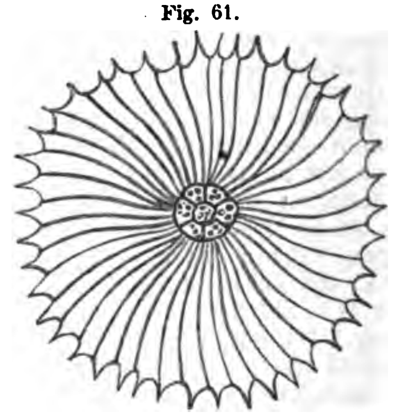


Fig. 61. Schülfer vom Blatte von Elaeagnus.

Die Schuppen oder Schulfern (Lepides) zeigen schon einen complicirteren Bau, indem bei ihnen eine verlängerte Oberhautzelle oder Stielzelle zahlreiche freie, mehr oder weniger divergirende Zellen, wie bei der Kamala, oder um welche schirmartig ausgebreitete, verwachsene Haare befestigt sind, wie bei Elaeagnus etc. (Fig. 61).

Die Drüsen (Glandulae) sind gewöhnlich papillenartig hervorragende Zellen, welche haarförmig verlängert, Drüsenhaare genannt werden und welche z. B. bei den Labiaten ätherisches Oel enthalten, oder sie bestehen aus mehreren Zellen, welche eigenthümliche Secrete abscheiden.

§. 22. Sämmtliche in diesem Kapitel aufgeführten Gewebsformen entstehen, wie wir bereits oben §. 15 angegeben haben, aus dem Bildungsgewebe oder Cambium (Contextus cambialis), einem zartwandigen, durchscheinenden, von trübem, plasmareichem Safte erfüllten Gewebe, welches überhaupt die Zellvermehrung unterhält und nur den niederst organisirten Pflanzen fehlt, wo dieser Prozess dann in Folge von Abschnürung oder Zelltheilung vor sich geht (bei Algen, Pilzen, Flechten). Dieses Bildungsgewebe findet sich bei den Gefässkryptogamen und Phanerogamen überall da, wo Zellbildung vor sich geht und zwar unter

dem Vegetationspunkt der Achse, sowohl in der Wurzel, als auch im Stamm, als sogenanntes Terminalcambium, wie ferner zwischen Rinde und Holz, als sogenanntes peripherisches Cambium bei sämmtlichen Dicotylen, wo es nach aussen neue Bastschichten, nach innen Holzschichten bildet und durch Beförderung des peripherischen Wachsthums die Jahresringe hervorbringt, welche man auf einem Querschnitte unserer Hölzer erkennt.

§. 23. Aus diesem Cambium entwickeln sich die Gefässbündel oder Fibrovasalstränge (Fasciculi vasorum) als Vereinigung überwiegend langgestreckter Elemente, welche in Gestalt dünner, zäher Stränge als zusammenhängendes System alle Theile der Pflanze durchziehen. Dieselben enthalten in der Regel eine oder mehrere Formen von Spiroiden oder Gefässen, jederzeit langgestreckte dünnwandige und neben verschieden entwickelten Parenchym- auch Prosenchymzellen.*) Nicht allein hinsichtlich ihrer Entstehung, sondern auch in Beziehung auf ihre Stellung, Anordnung bieten die Gefässbündel der Gefässkryptogamen, Monocotylen und Dicotylen ganz charakteristische Unterschiede dar. Bei den Gefässkryptogamen bilden sich in Mitte des Cambiums Gefässe und zwar meist Treppengefässe, während in dem übrig bleibenden Cambium die Fortbildungsfähigkeit aufhört; die Cambialzellen nehmen eine mehr prismatische Gestalt an und umgeben als sogenanntes Dauergewebe die Gefässe (Fig. 62).

Fig. 62.

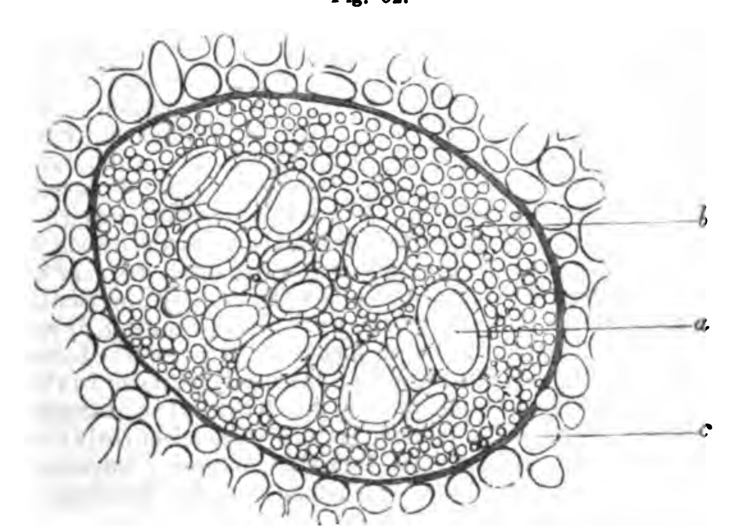


Fig. 62. Gefässbündel von Pteris. a Spiroide, b nicht verholztes Prosenchym, das ständig gewordene Cambium, c Parenchymatisches Grundgewebe.

*) Bei den Moosen bestehen die Gefässbündel blos aus dünnwandigen,

Bei den Monocotylen bilden sich aus dem Cambium entweder in dem der Achse zugekehrten Theile desselben oder in dessen Umfang Spiroide und gewöhnlich auch Prosenchym aus und umgeben den bleibenden Rest des Cambiums wie ein Ring, so dass dasselbe die Mitte des Gefässbündels einnimmt (Fig. 63).

Fig. 63.

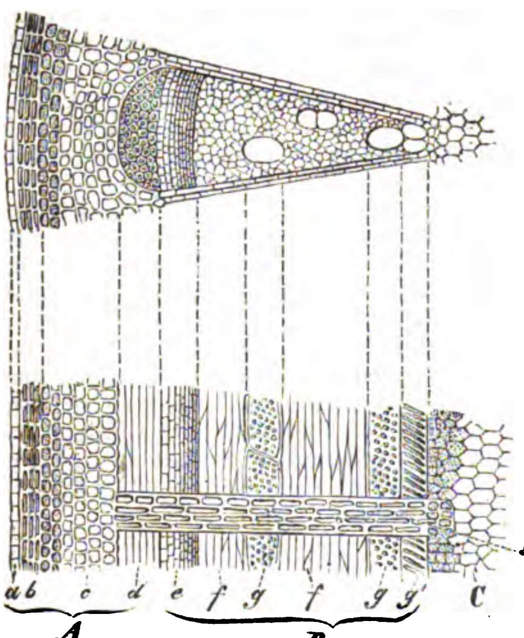


Fig. 63. Schematische Abbildung eines Querschnittes (oben) und eines demselben entsprechenden Längsschnittes durch einen Dicotylenstamm. A Rinde, B Holz, C Mark, a Epidermis, b Kork, c Mittel-, d Innenrinde oder Bast, e Cambium, f Holz (Prosenchym) g Spiroide, wovon das dem Mark zunächstliegende das Spiralgefäss der Markscheide.

Bei den Dicotylen, wo, wie wir oben bereits angegeben, das Cambium eine zusammenhängende Schicht bildet, welche wie ein Mantel die Achse zwischen Holz und Rinde umgiebt, entstehen in jeder Vegetationsperiode in dem der Achse zugewendeten Theile (Xylem) Spiroide und Prosenchymzellen (der Splint) und in dem der Peripherie zugewendeten Theile (Phloem) Bastzellen, also gleichfalls Prosenchym- und zugleich Parenchymzellen, wobei jedoch der dazwischen zurückbleibende Theil des Cambiums fortbildungsfähig bleibt und jedes Jahr neues Holz und Schichten der Innenrinde bildet (Fig. 63). Während also in den Gefässbündeln der Gefässkryptogamen nur Spiroide und Parenchym anzutreffen sind, finden wir in jenen der Monocotylen den Basttheil überwiegend, neben nicht mehr fortbildungsfähigem Dauercambium; bei den Dicotylen dagegen ein fortbildungsfähiges Cambium bei überwiegendem Holztheil, deshalb auch eine Zunahme des Dickedurchmessers, wogegen bei den Monocotylen nur ein Wachsthum in der Richtung des

---

langgestreckten prismatischen Zellen ohne Gefässe, welche aber bei den höher organisirten Pflanzen nie fehlen.

Längendurchmessers — ein Wachsen an der Spitze stattfindet. Die Gefässbündel der Monocotylen nennt man geschlossene (Fasciculi vasorum definiti), wo die Bildungsfähigkeit, wie erwähnt, erlischt, jene der Dicotylen, wo letzteres nicht der Fall ist, dagegen ungeschlossene (F. v. indefiniti).

Fig. 64.

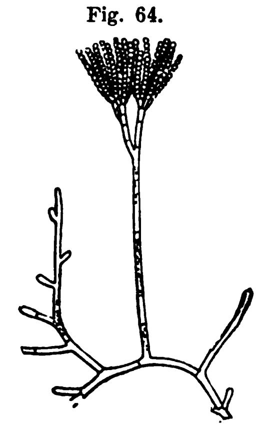


Fig. 64. Pinselschimmel (Penicillium glaucum).

§. 24. Nachdem wir in den vorhergehenden Paragraphen die Gewebe der höher organisirten Pflanzen (Gefässpflanzen) geschildert haben, welche als vollkommen bezeichnet werden und aus Zellen und Zellfusionen (Gefässen) zusammengesetzt sind, erübrigt noch einen Blick auf das unvollkommene Zellgewebe (Tela contexta) zu werfen, aus welchem die sogenannten Zellpflanzen, die Algen, Flechten und Pilze sich aufbauen.

Nur wenige Pflanzen, besonders Algen, bestehen nur aus einer Zelle, meist sind es mehrere, sogar sehr zahlreiche, welche diese Pflanzen zusammensetzen, bei den einfachsten mehrzelligen Pflanzen zu Zellfäden oder Zellreihen vereinigt, wie dies Fig. 64 zeigt. Bei solchen einreihigen Zellpflanzen, wie überhaupt bei Pilzen und Algen, findet häufig eine eigenthümliche Art von Zellfusion zum Zwecke gewisser Fruchtbildungen statt, welche man mit dem Namen „Copulation“ belegt hat; es verschmelzen dabei zwei benachbarte Zellen, indem sich dieselben aneinander legen, während dabei die Wandungen an der Berührungsstelle resorbirt werden und eine Vereinigung des beiderseitigen Zellinhalts stattfindet (Fig. 65).

Fig. 65.

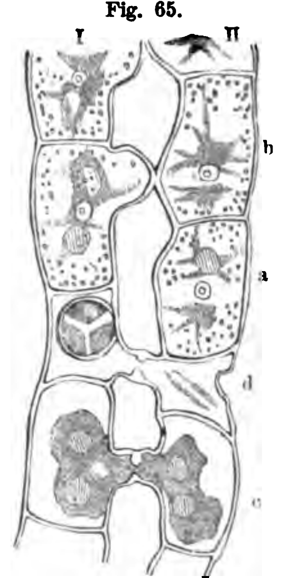


Fig. 65. Copulation von 2 Zellfäden von Spirogyra. a Unberührte Zelle, b Beginn der Copulation, c Vollzug derselben, d Vollendete Copulation.

In der Regel bestehen aber die hierhergehörigen Zellpflanzen aus einem eigenthümlichen von durcheinander gewirrten fadenförmigen Zellen gebildeten Gewebe, dem sogenannten Filzgewebe der höheren Pilze und Flechten, aus welchem das, die verschiedenen Organe der höher organisirten Pflanzen — Wurzel, Stamm, Blätter etc. — ersetzende Trieblager, Thallus, gebildet ist, von wel-

chem diese Pflanzen die Benennung Thallophyten oder Lagerpflanzen erhalten haben. Während die Zellreihen der niederen Pilze, z. B. der Schimmelpilze, aus locker mit einander vereinigten Zellen, sogenannten Hyphen oder Flocken (Hyphae, Flocci) bestehen, ist das Filzgewebe eine Vereinigung unregelmässig in einander geschlungener und verzweigter, fadenförmiger Zellen und dann starr und zähe, bei den Pilzen, wo es auch als Mycelium, Hyphasma bezeichnet wird, dagegen zart, weich und sehr vergänglich. Fig. 66 zeigt ein solches fadenförmiges Pilzmycelium, Fig. 67 ein sogenanntes wergartiges Flechtengewebe des isländischen Mooses (Cetraria islandica), wo man bei *a*) die derbe Rindenschicht, bei *b*) die faserige Mittel- und bei *c*) die sogenannte Markschicht mit einzelnen Gonidien (Farbzellen) unterscheidet; letztere enthalten neben Protoplasma einen dem Chlorophyll ähnlichen, aber durch Unlöslichkeit in Salzsäure davon verschiedenen Farbstoff, welcher den Flechten eigen ist, mitunter bei anderen Flechten aber auch einen blaugrünen Farbstoff — Phycochrom. Die Mark- und Rindenzellen bestehen bei Cetraria und anderen Flechten aus Lichenin oder Flechtenstärke und werden beim Befeuchten mit Jodlösung blau; die Zellwand der Pilze besteht aus einer Modification der Cellulose, welche durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbt wird und sich in Kupferoxydammoniak nicht löst; man nennt sie Pilzcellulose; der Inhalt der Zellen ist sehr stickstoffreich, Stärke scheint nicht oder wenigstens nur selten vorzukommen; wenigstens wurde solche von Tulasne und Curey angeblich nur in einigen Pilzen in amorphem Zustande gefunden. Die Zellmembran der Algen besteht theils aus Pflanzenschleim, theils aus Cellulose, mitunter findet sich als Zellinhalt Amylum, wie bei Fucus amylaceus.

Fig 66.



Fig. 66. Fadenförmiges Pilzgewebe.

Fig. 67.

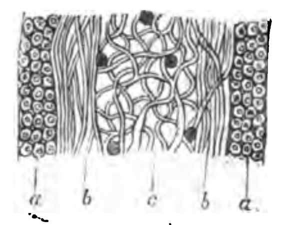


Fig. 67. Querschnitt durch Cetraria islandica. a Rinden-, b straffes, c wergartiges Gewebe mit Gonidien.

II. Abschnitt.

Anatomie der Achsenorgane.

§. 25. Wir haben im Vorhergehenden mehrmals Veranlassung gehabt, von Monocotylen und Dicotylen als höher organisirten Pflanzen im Gegensatze zu den nieder organisirten Acotylen oder Kryptogamen zu sprechen und wollen hier etwas genauer auf diese Unterschiede eingehen.

Schon Linné theilte sämmtliche Pflanzen in zwei Hauptabtheilungen; er unterschied höher organisirte Pflanzen mit Blüthen, in welchen deutliche Geschlechtsorgane, männliche (Staubgefässe) und weibliche (Fruchtknoten mit Griffel oder wenigstens mit Narbe) zu unterscheiden sind, welche er deshalb Phanerogamen oder sichtbar Blühende nannte und nieder organisirte Pflanzen, welche zwar Reproductionsorgane, sogenannte Sporen, entwickeln, bei welchen aber keine deutlich vorhandenen Geschlechtsorgane zu unterscheiden sind und welche er deshalb verborgen Blühende oder Kryptogamen nannte.

Da nur die Pflanzen der ersteren Abtheilung — die Phanerogamen, befähigt sind, mit einem Keim (Embryo) ausgestattete Samen hervorzubringen, aus welchen wieder durch den Akt der Keimung neue Pflanzenindividuen hervorgehen, nannte man diese Abtheilung auch Samen- oder Keimpflanzen (Plantae embryonatae), die Glieder der zweiten Abtheilung der Cryptogamen dagegen keimlose Pflanzen, oder Sporenpflanzen (Plantae exembryonatae). Zu den letzteren gehören die Algen, Pilze, Flechten, Moose und Farne, von welchen die letzteren allein Gefässe besitzen und deshalb auch bereits oben als „Gefässkryptogamen" bezeichnet wurden, während die übrigen, einfach aus Zellgewebe bestehend, als „Zellpflanzen" zusammengefasst werden. Die letzteren zeigen auch keine Gliederung in Stamm und Wurzel, wie wir noch später sehen werden, während dieser Gegensatz bereits bei den Gefässkryptogamen, wenn auch nicht so vollkommen, wie bei den Phanerogamen, zu Tag tritt.

Wir werden deshalb in diesem Abschnitt auch nur diejenigen Pflanzen berücksichtigen, welche einen Stamm mit Achsenorganen und Wurzel erkennen lassen, also Gefässkryptogamen und Phanerogamen oder Samenpflanzen, von welchen die letzteren aber wieder in 2 grosse Abtheilungen nach der Zahl der bei der Keimung auftretenden Samenlappen oder Cotylen zerfallen, welche auch wieder in Beziehung auf den anatomischen Bau ihrer Achsenorgane ganz charakteristische Unterscheidungsmomente darbieten.

Legt man den Samen einer Bohnenpflanze in feuchte Erde, so quillt derselbe auf, zersprengt die Samenschale und wir sehen das junge Pflänzchen daraus hervortreten, an welchem wir deutlich eine absteigende Achse, die Wurzel erkennen, sowie eine aufsteigende Achse, die Anlage zum Stamm, welche sich zunächst in Gestalt zweier fleischiger Keimblätter oder Cotylen entfaltet, zwischen welchen die Achse weiter emporstrebt; das Auftreten dieser beiden Cotylen, welches bei einer sehr grossen Reihe von Pflanzen im Beginn ihrer Entfaltung stattfindet, gab Veranlassung zur Aufstellung der Abtheilung der Dicotylen oder Zweisamenlappigen. Anders verhält sich die Sache bei einer anderen Abtheilung von Pflanzen, welche man als Monocotylen oder Einsamenlappige bezeichnet hat, weil hier die Keimung nur mit einem gewöhnlich scheideartig die junge Achse umgebenden Samenlappen erfolgt. Während bei den Dicotylen das Würzelchen (Radicula) des Embryo sich zu der Wurzel der jungen Pflanze ausbildet, stirbt dasselbe bei den Monocotylen bald ab und wird durch zahlreiche faserige Nebenwurzeln ersetzt, was einen weiteren Unterschied zwischen diesen beiden Pflanzenabtheilungen bedingt. Wir halten dies für das vorläufige Verständniss des Unterschieds zwischen Monocotylen und Dicotylen hinreichend und geben nebenstehend in Nr. 68 die Abbildung der Keimpflanze einer Dicotyle (Phaseolus L.), in Nr. 69 eine solche einer Monocotyle (Allium Cepa L.); auf die weiteren Differenzen werden wir weiter unten zurückkommen und bemerken nur noch, dass die Coniferen oder Zapfenbäume mit mehreren Keimblättern keimen und deshalb von einigen Autoren als Po-

Fig. 68.

Fig. 68. Keimpflanze von Phaseolus (Dicotyle).

Fig. 69.



Fig. 69. Keimung von Allium Cepa (Monocotyle).

Fig. 70.

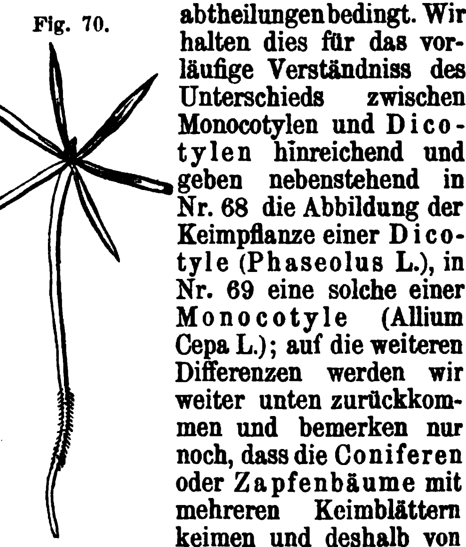


Fig. 70. Keimpflanze von Pinus (Polycotyle).

lycotylen bezeichnet, im Allgemeinen aber den Dicotylen angereiht werden (Fig. 70).

§. 26. Wie bereits oben gesagt, besteht bei allen höheren Pflanzen ein Gegensatz zwischen Stamm und Wurzel, der sogenannten Achse, welche den Haupttheil bildet, gegenüber den Seitenorganen oder Blättern; die Achse wächst an ihrer Spitze, die Blätter dagegen an ihrem Grunde, wo sie mit der Achse zusammenhängen. Aber nur der aufwärts wachsende Theil der Achse ist befähigt, neue Blätter zu bilden und zwar an seinen äussersten Enden (Stamm- und Zweigspitzen), dagegen nicht die Wurzel, wesshalb auch der zuweilen für grundständige Blätter gebrauchte Ausdruck „Wurzelblätter" unzulässig ist. Es sterben nämlich die Zellen in den Vegetationsspitzen der Wurzeln kurze Zeit nach ihrer Ausbildung ab und die ersteren haubenartig umhüllenden abgestorbenen Zellschichten, unter welchen die Bildung neuer Zellen fortgeht, nennt man Wurzelhaube, Ocrea (Fig. 71); dieselbe findet sich an den Enden aller Haupt- und Nebenwurzeln als Schutzdecke des Fortbildungsgewebes und ist besonders bei den Nadelhölzern etc. sehr entwickelt.

Fig. 71.

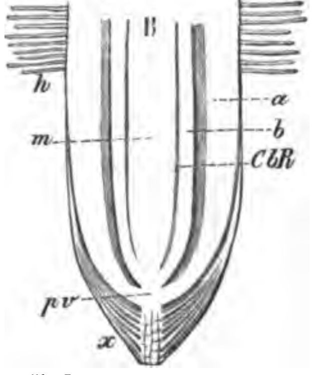


Fig. 71. Längsschnitt durch die Wurzelspitze von Alnus. a Aeusserer, b innerer Theil der Rinde, CbR Cambiumring, m Mark, pv Vegetationspunkt, x Wurzelhaube, h Wurzelhaare.

Die niederst organisirten Pflanzen sind die blattlosen Zellpflanzen, an welchen weder Blätter noch Stamm zu unterscheiden sind; man hat ihren Körper Lager (Thallus) genannt und sie selbst in ihrer Gesammtheit als Lagerpflanzen (Thallophyten) bezeichnet.

Die blattbildenden Pflanzen, welche also eine Achse besitzen, fasste man dagegen als Achsenpflanzen (Kormophyten) zusammen, zu welchen zwar auch die gefässlosen Laub- und Lebermoose etc. gehören, welche nur aus Zellen bestehen und bei welchen die aus der Oberhaut des Stengels hervortretenden Wurzelhaare allein die Stelle von Wurzeln versehen; aber erst die Gefässkryptogamen, wohin die Farne (Filices), Schachtelhalme (Equisetaceen), Bärlappe (Lycopodiaceen) etc. gehören, haben Gefässe und wenn auch der Bau der Wurzel von jenem des Stammes wesentlich abweicht, indem derselbe einfacher ist und in der Regel nur ein von Rinde umschlossenes Gefässbündel besitzt, so ist denn doch hier eine wirkliche, von einer wenn auch schwach entwickelten Wurzelhaube umgebene Wurzel vorhanden.

Der Bau des Stammes oder Stengels ist bei den einzelnen Klassen der Gefässkryptogamen verschieden; während bei den Bärlapparten und Wurzelfrüchtlern die Gefässbündel in der Achse der Stengel liegen, bilden sie bei den Farnen, Schachtelhalmen etc. einen weitläufigen nicht centralen Kreis und wachsen nur noch an der Spitze weiter, wenn nach der sehr bald aufhörenden Thätigkeit das Dickenwachsthum sistirt. Deshalb hat Endlicher diese Pflanzen mit den Moosen in der Abtheilung der Endsprosser oder Acrobrya zusammengefasst.

Die Gefässbündel lassen sowohl einen Holz- oder Xylem-Theil, als einen Bast- oder Phloem-Theil unterscheiden und zwar liegt der erstere in der Mitte (mit Ausnahme der Equisetaceen) der Basttheil im Umfange derselben; beide enthalten amylumführende Parenchymzellen, in dem Holztheile treten neben Ring-, Spiral- und Netzgefässen ebenso verdickte Röhren- oder Leitzellen auf, während der Basttheil neben Siebröhren noch Bastzellen enthält.

Fig. 72.

Fig. 72 Gefässbündel von Pteris im Längsschnitt. Bf Bastfasern, Bg Siebröhre (Bastgefäss), Bp Bastparenchym, g Gefäss.

Vollständig ausgebildete Gefässe finden sich selten bei den Farnen, wo die jüngeren Parthien der Gefässbündel weite Treppengefässzellen enthalten, während

die ältesten Parthien engere Gefässzellen mit ring- oder spiralförmigen Ablagerungsschichten zeigen (Fig. 72 und 73). Auf dem

Fig. 73.

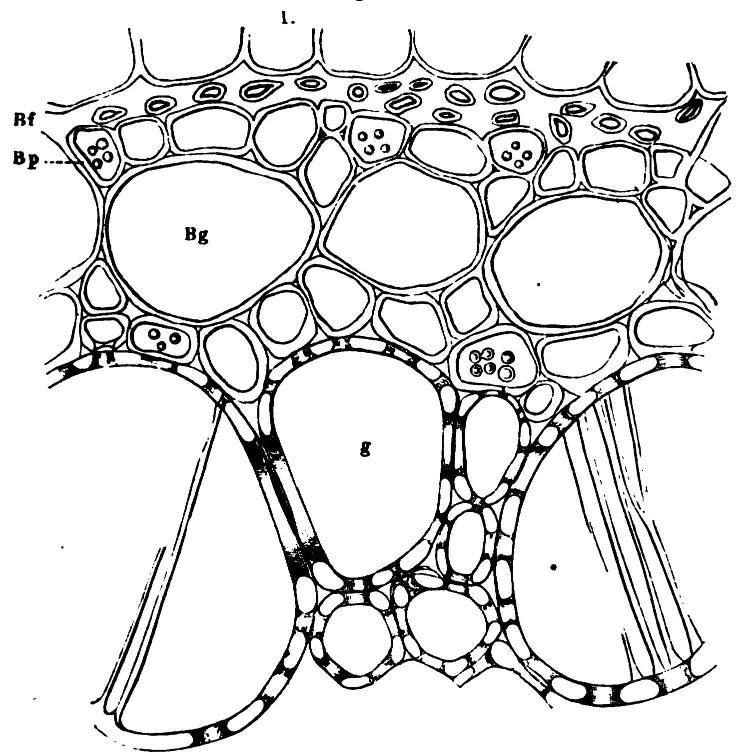


Fig. 73. Querschnitt durch den Gefässbündel von Pteris. Erklärung wie Fig. 72.

Querschnitte erscheinen die einzelnen Bündel rundlich oder bandförmig (Fig. 74) und durch eine umgebende Schicht etwas gestreckter und verdickter Parenchymzellen eingeschlossen. Die Gefässbündel der Farne bilden ein zusammenhängendes System, welches durch Abzweigungen mit den Blättern in Verbindung steht. Da die Zwischenglieder des Stammes sich meist sehr wenig zwischen den einzelnen Blättern oder Wedeln, wie man die blattartigen Organe der Farne bezeich-

Fig. 74.

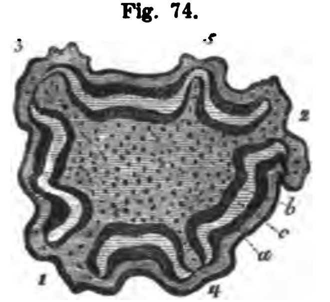


Fig. 74. Querschnitt eines tropischen Farrnstammes. 1—5 Ansätze von Wedeln. a u. b verholzte Parenchymzellen, die Gefässbündel einschliessend.

Fig. 75.

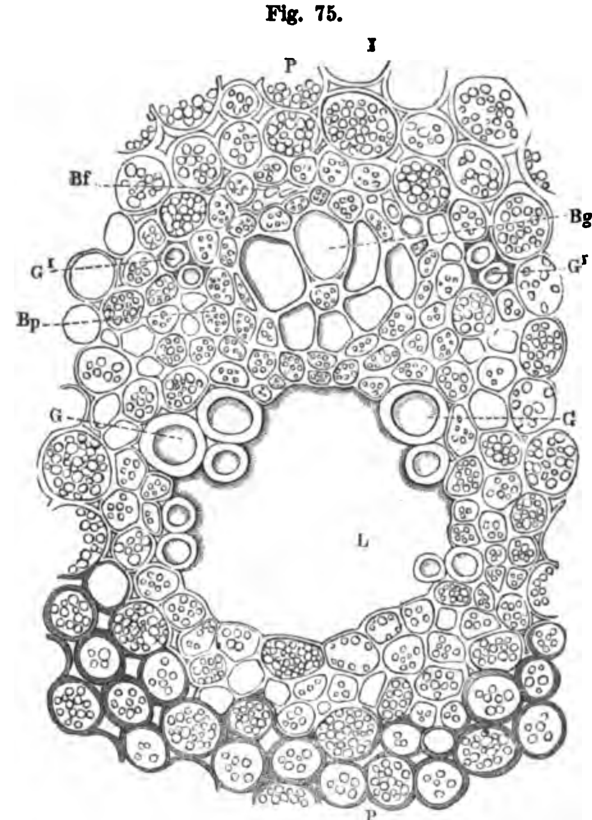


Fig. 75. Querschnitt durch den Stamm von Equisetum. L Luftgang, G Gefässzellen, P amylumreiches Parenchym, Bp Bastparenchym, Bg Siebröhren.

net, entwickeln, bleibt derselbe in der Regel sehr kurz, tritt häufig gar nicht aus der Erde hervor, während in den Tropengegenden die Stämme sich oft sehr hoch über dieselbe erheben, wie bei den sogenannten Baumfarnen.

Die Wedel sind dadurch von den eigentlichen Blättern verschieden, dass sie sich in gerade entgegengesetzter Weise entwickeln; während bei letzteren zuerst die Spitze, dann erst die Blattfläche gebildet wird, verlängern sich diese nach Art der Zweige an ihrer Spitze; als die eigentlichen Blätter werden von Einigen, wie Hofmeister u. A. die trockenen Spreuschuppen am Grunde der Wedelbasen betrachtet; ein weiterer Unterschied gegenüber den Blättern besteht darin, dass die Wedel die Reproductionsorgane (Sporen) hervorbringen und tragen. In der Jugend sind die Wedel schnecken- oder uhrfederartig eingerollt (Vernatio circinata) (mit Ausnahme jener der Ophioglosseen, wo die wenigen Blätter scheideartig den Stamm umgeben), im Alter werden sie abgeworfen; die Blattsubstanz besteht aus mehreren Zellschichten, von welchen die äusserste aus senkrecht gestellten cylindrischen Zellen zusammengesetzt wird, während die innere aus einem schlaffen Parenchym besteht; Spaltöffnungen finden sich auf beiden Blattflächen.

Für den Bau des Stengels der Schachtelhalme (Equisetaceen) ist namentlich die auf dem Querschnitt schon mit blossem Auge erkennbare grosse centrale Lufthöhle charakteristisch, durch welche die Gewebsparthie sehr verschmälert wird; in dieser letzteren, welche die centrale Lufthöhle umgiebt, befinden sich noch zwischen je 2 Gefässbündeln kleinere Rindenlufthöhlen, während noch ausserdem der grösste Theil des Holztheils der Gefässbündel selbst von den sogenannten wesentlichen Lufthöhlen eingenommen wird (Fig. 75); diese sind von amylumhaltigem Parenchym umschlossen, an welches sich an jeder Seite einige Gefässzellen anlegen. Die parallel im Stengel aufsteigenden Gefässbündel bilden in den Knoten der Stengel ringförmige Verschlingungen; die Zweige treten wirtelförmig an den Knoten hervor, indem sie die dort befindliche Scheide an der Basis durchbrechen. Im Phloem-Theile der Gefässbündel finden sich neben Bastzellen noch Siebröhren, wie Fig. 76 erkennen lässt. Zu beiden Seiten des die wesentliche Lufthöhle umschliessenden Bündels liegen gegen die Rinde zu noch zwei Gefässzellengruppen und die einzelnen Gefässbündel sind von einem aus verdicktem Parenchym bestehenden Gewebering, der Gefässbündelscheide, umgeben. Die Zellen des Stengels sind reich an Kieselsäure, in Gestalt kleiner Schüppchen abgelagert, welche demselben seine eigenthümliche Härte und Rauhheit verleihen und zwar ist die Menge derselben so gross, dass nach dem Verbrennen ein förmliches Kieselerdeskelett zurückbleibt.

Fig. 76.

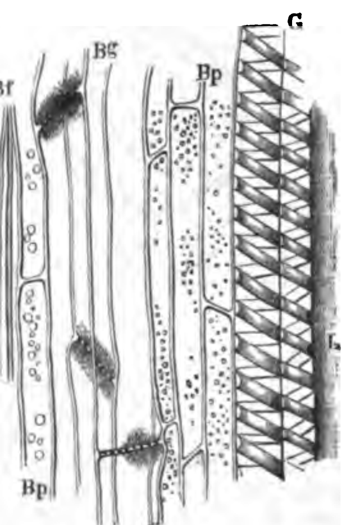


Fig. 76. Längsschnitt durch den Stamm von Equisetum. Erklärung wie Fig. 75.

Das centrale Gefässzellenbündel der Wurzel ist umgeben von langgestreckten Parenchymzellen, worin zerstreute Siebröhren und Bastzellen zu erkennen sind.

Bei den Bärlappartigen (Lycopodiaceen) findet sich in der Achse des Stengels entweder nur ein einziges oder mehrere Gefässbündel, welche bei dem Genus Lycopodium durch einen Ring faseriger dickwandiger Zellen, bei Selaginella durch ein schwammförmiges Parenchym von der Rinde getrennt werden; die Zusammensetzung der Gefässbündel selbst ist jedoch eine völlig gleiche. Der Xylemtheil

besteht aus engeren peripherischen und aus weiteren centralen Gefässzellen; der die ganze Peripherie des Gefässbündels einnehmende Phloemtheil besteht aus stärkehaltigem Parenchym, dessen Zellen dickwandig, lang gestreckt sind und welches die mehr oder weniger weiten Bastgefässe und zerstreute Gruppen von Bastzellen oder Faserzellen umschliesst.

§. 27. Durchschneidet man der Quere nach den Stamm einer monokotylen Pflanze, so bemerkt man, dass die Gefässbündel in demselben mehr oder weniger unregelmässig zerstreut und als einfache Stränge den Stamm seiner Länge nach durchziehen; es ist da keine Differenzirung der Rinde, des Holzes und Marks vorhanden, wie wir selbe weiter unten bei den Dicotylen nachweisen können, um somit die Stämme dieser beiden grossen Pflanzenabtheilungen leicht zu unterscheiden. Fig. 77 zeigt einen solchen Durchschnitt des Stengels einer krautartigen Monocotyle, Fig. 78 den einer dicotylen Pflanze, wo die Gefässbündel zu

Fig. 77.

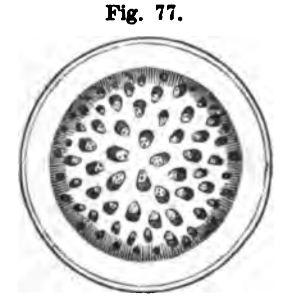


Fig. 77. Querschnitt durch einen Monocotylenstamm mit zerstreuten Gefässbündeln.

Fig. 78.

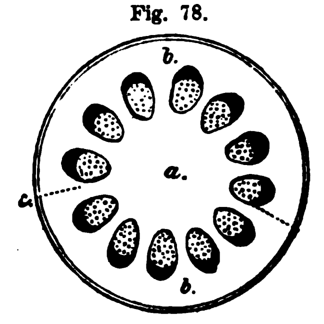


Fig. 78. Querschnitt durch einen Dicotylenstamm. a Mark, b Rinde, c Gefässbündel; die dunklen Stellen an letzteren sind Cambium.

einem nur von den Markstrahlen durchbrochenen Kreis zusammengestellt, die Gränze zwischen Rinde und Mark bilden, während zwischen den Gefässbündeln und der Rinde ein stets fortbildungsfähiger Cambiumring die Ablagerung neuer Holz- und Rindenschichten (Bast) vermittelt. Der Querschnitt der monocotylen Achse lässt dagegen weder concentrische Holzschichten noch Markstrahlen erkennen.

Unter dem Vegetationspunkte trifft man eine centrale Parthie, welche als Mark bezeichnet, von einer ringförmigen Schicht von Cambialgewebe umgeben und von der wenig entwickelten Rindenparthie getrennt wird; in diesem sogenannten Cambiummantel entstehen die Gefässbündel, welche bei den Monocotylen einen eigenthümlichen Verlauf zeigen.

Gewöhnlich ist der Verlauf derselben in der Wurzel ein sehr einfacher, wo die einzelnen Stränge unregelmässig zerstreut,

aber parallel verlaufen; häufig aber sind sie auch in ihren äusseren Theilen unvollständig zu einem Ringe angeordnet und nur durch die radial angeordneten Bastkörper, welche aus Siebröhren und Bastparenchym bestehen und je zwischen zwei Holzgefässen liegen, (Fig. 79) zu unterscheiden; bei vielen unterirdischen Stämmen oder Rhizomen, wie namentlich bei der Sarsaparille auf der vorstehenden Figur, bildet sich nach Sistirung des Dickewachsthums eine Schicht stark verdickter, meist auch eigenthümlich gefärbter Zellen, welche man als Kernscheide oder nach Berg als Innenrinde bezeichnet; dieselbe ist schon auf den Querschnitten der offizinellen Rhizome von Monocotylen, wie dem Calmus, Ingwer, der Galanga etc. als dunkle, den centralen Theil umschliessende Linie zu erkennen.

Fig. 79.

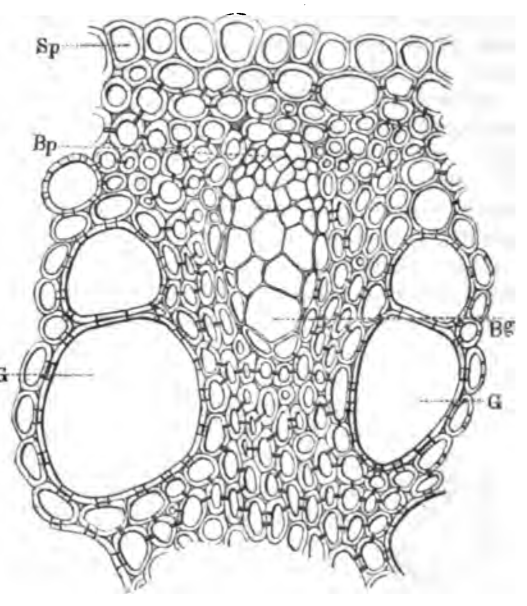


Fig. 79. Parthie eines Querschnitts durch die Sarsaparillwurzel. Sp Kernscheide (Innenrinde), Bp Bastparenchym und Bastgefässe (nach Berg Cambiumstränge), G Spiroide.

Der Verlauf der Gefässbündel in dem Stengel der Monocotylen ist ein mitunter sehr complicirter; bei den Gräsern (Gramineen) sind in der Regel dieselben mehr gegen die Peripherie zu gerückt, während das Parenchym des centralen Theils des Stengels wenige oder gar keine solchen enthält; durch Schwinden des letzteren entsteht dann allmälig die für die Grashalmen bekannte Höhlung, welche nur an den Knoten durch Querscheidewände unterbrochen ist; in diesen verlaufen die Gefässbündel der Quere nach und erhalten dadurch das dazwischen liegende Parenchym, in den Knoten spaltet sich dann der Gefässbündel, der eine Theil desselben geht in das folgende Stengelglied, der andere tritt in das Blatt ein. Anders verhält sich die Sache z. B. bei den holzbildenden Monocotylen mit unentwickelten Achsengliedern, als deren Typus der Palmstamm (Cauloma) gelten mag; dieser ist meist einfach (kommt jedoch auch ver-

ästelt vor, wie bei der Dumpalme, Hyphaene thebaica Mart.), säulenförmig, in der Mitte zuweilen aufgetrieben, im Innern oft reichlich mit amylumhaltigem Parenchym versehen, wie bei Metroxylon, oben von einer einfachen Blätterkrone geschmückt, die durch Auswachsen der Gipfelknospe sich verlängert und durch neue Blätter erhalten wird, während die älteren ganz oder mit Hinterlassung ihrer Basis abfallen. Hier wachsen die Gefässbündel mit den sie umgebenden Geweben fort, indem sie im Bogen dem centralen Theile und von dort nach aussen zu streben, um unter Kreuzung des Cambiummantels an der Spitze in die Blätter überzugehen. Beim Durchtritt durch das Cambium theilen sich aber die Gefässbündel-Stränge, die eine Parthie wendet sich dem Blatte zu, während die übrige Parthie derselben wieder ähnlich verläuft, wie der ursprüngliche Bündel. Dabei muss selbstverständlich jedes vom centralen Theile des Stammes nach aussen tretende Bündel sämmtliche jüngere Bündel kreuzen, wie Fig. 80 zeigt, während zugleich in Folge der stattfindenden Theilung die Anzahl der Gefässbündel von der Spitze zum Stamme hin zunimmt und es findet somit nach der Auffassung Einiger eine Sprossung der Gefässbündel statt, während Andere die Bündel, wie wir oben angegeben, im Gegensatze zu jenen der Dicotyledonen als geschlossene betrachten und annehmen, dass die von dem Centrum sich nach aussen wendenden Gefässbündelstränge dort enden. Auf dieser letzteren Anschauung beruht die Endlicher'sche Bezeichnung der Klasse der Amphibryae, wobei man annahm, dass auf die bezeichnete Weise das Anwachsen der Monocotylen in ihrer Peripherie zu Stande käme, was aber Karsten nach seinen Untersuchungen in Abrede stellt und überhaupt die Unger'sche Eintheilung in Acrobryae, Amphibryae und Acramphibryae verwirft.

Fig. 80.

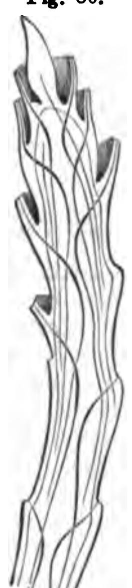


Fig. 80. Gefässbündelverlauf einer Monocotyle.

Wenn auch die Gefässbündel der Monocotylen der Hauptsache nach allerdings höher entwickelt sind, so ist doch ihr peripherisches Wachsthum sehr beschränkt und sistirt sehr bald die Thätigkeit des Cambiums in dieser Beziehung. Der Xylemtheil besteht aus Parenchymzellen, Gefässen und Holzzellen; der Phloemtheil aus Parenchym, Bastzellen und Bastgefässen oder Siebröhren. Die Holzzellen ähneln mehr gestreckten Parenchymzellen, indem sie zwar verholzt, aber nur selten an den Enden spitz sind, was aber hier in der Regel bei den Bastzellen der Fall ist. Mitunter finden sich auch Milchsaftgefässe, theils den Gefässbündeln angeschlossen, theils

ausserhalb derselben, hier und dort auch zuweilen mit Raphiden versehene Schlauchgefässe.

In dem monocotylen Gefässbündel findet in der Regel die Anordnung der histologischen Elemente in folgender Weise statt: Gegen die Rinde hin liegt zuerst eine Gruppe von Bastzellen, an welche sich nach Innen eine zartwandige Parthie von Bastgefässen (Siebröhren), Siebleitzellen und Parenchym, anschliesst; weiter nach innen folgt dann der Holztheil, welcher gegen das Mark hin von Prosenchym begrenzt die von Holzparenchym um-

Fig. 81.



Fig. 81. Gefässbündel von Saccharum im Querschnitt. Bf Bast, Bg Bastgefässe, g Gefässe, Hf Holz.

gebenen Gefässe einschliesst; der Bast- und Holztheil sind mitunter durch Prosenchymzellen seitlich verbunden (Fig. 81).

Die Blätter der Monocotylen sind von in der Regel parallel verlaufenden Gefässbündeln durchzogen, seltener sind

dieselben netzartig vertheilt, wie bei den Smilaceen, Dioscoreen etc.; treten mehrere in ein Blatt, so vereinigen sie sich zuerst in dem vorhandenen Blattstiel oder sie bleiben getrennt, wie z. B. bei den blattstiellosen Blättern der Gräser; der die Gefässe enthaltende Holztheil des Gefässbündels ist der Oberseite, der Basttheil derselben der Unterseite der Blätter zugewendet. Die mit Spaltöffnungen versehene Oberhaut bedeckt eine Zellschicht, die aus cylindrischen Zellen besteht, unter welcher wieder eine schlaffe Parenchymschicht mit weiten Intercellularräumen liegt.

Fassen wir nun kurz die Eigenthümlichkeiten des Monocotylenstammes noch einmal zusammen, so haben wir also in erster Linie die zerstreuten Gefässbündel zu beachten, welche in vielen Wurzeln, Rhizomen, zwar zu einem zusammenhängenden Ring vereinigt und von einer Kernscheide eingeschlossen sind, an ihrer Peripherie aber kein fortbildungsfähiges Cambium besitzen und sich deshalb nicht durch Anwachsen von aussen verdicken können. Anderen Theils ist auch die Nervatur der Blätter für die Monocotylen von Wichtigkeit, wie wir weiter unten sehen werden.

§. 28. Vergleichen wir den Querschnitt eines Dicotylenstammes mit jenem einer Monocotyle, so zeigen sich so prägnante Abweichungen, dass man sofort beide zu unterscheiden im Stande ist. Während wir bei letzteren zerstreute Gefässbündel erblicken, welche keine Differenzirung von Rinde, Holz, Mark zulassen, sind wir bei den Dicotylen in der Lage, diese Gewebsschichten wohl unterscheiden zu können, wie Fig. 78 zeigt; dort sehen wir die Gefässbündel zu einem regelmässigen Kreis angeordnet, welchen aussen die Rinde umgiebt, während jener selbst das Mark umschliesst, welches durch Strahlen, die zwischen den Gefässbündeln hindurch zur Rinde treten, die sogenannten Markstrahlen, mit letzterer in Verbindung steht; das wesentlichste aber ist das Vorhandensein eines Cambiums, welches zwischen der Rinde und den Holzbündeln gelegen, stets fortbildungsfähig bleibt und jedes Jahr nach aussen neue Bastschichten, nach innen Holzschichten erzeugt und somit durch Bildung von Jahresringen das Dickenwachsthum des Stammes unterhält.

Bei den Dicotylen findet man am Vegetationspunkte, nämlich an der Spitze der Keimachse und in den noch von den Schuppen umschlossenen Knospentrieben schon drei bestimmte Gewebe, nämlich die äussere (primäre) Rinde und das darunter liegende Fortbildungsgewebe oder Cambium, welches wieder das Mark umschliesst. Nur selten scheint das Cambium an dem Vegetationspunkte zu fehlen, in welchem Falle dann die Gefässbündel direct aus dem Urparenchym hervorgehen und dann ganz vereinzelt im Stengelgewebe vorkommen, wie z. B. bei Papaver etc.; in der Regel aber entstehen

die Gefässbündel an bestimmten Stellen des Cambiums oder Verdickungsringes, indem nach innen zu der Holztheil, nach aussen der Basttheil, beide aber durch eine Schicht zartwandiger Cambiumzellen getrennt, gebildet werden. Die einzelnen Gefässbündel bleiben durch schmale Parenchymstreifen, die primären Markstrahlen, getrennt, welche von dem Mark bis zur Mittelrinde reichen.

Was die Frage der Ausbildung des Gefässbündelsystems betrifft, so ist dieselbe noch nicht endgültig entschieden; während von Einigen angenommen wird, dass die Blätter eigene Gefässbündel hervorbringen, welche sich mit jenen des Stammes verbinden, theilen andere die Ansicht, dass die im Stamme aufsteigenden Gefässbündel an den Ansatzstellen der Blätter Schlingen bilden, von welchen dann Abzweigungen nach den Blättern und Axillarknospen abgegeben werden; die in die Blätter übertretenden Gefässbündelzweige heissen Blattspuren und können oft nach abwärts durch mehrere Internodien verfolgt werden. Mitunter aber treten diese Gefässbündelzweige nicht sofort nach ihrer Trennung von dem Gefässbündel des Stammes in das Blatt, sondern verlaufen noch gewisse Strecken als selbständige Bündel im Stamme, was besonders dann die Verfolgung der Entwicklung des Gefässbündelsystems erschwert, wenn mehrere Blattspuren von verschiedenen Gefässbündeln des Stammes abgehend in ein Blatt einmünden.

In dem Dicotylenstamme bildet das Holz die überwiegende Masse; es umschliesst wie eine Röhre das Mark und wird selbst in seiner Peripherie von der Rinde umgeben; auf dem Querschnitte erkennt man mehr oder weniger deutliche Markstrahlen (Radii medulares), welche in radialer Richtung die einzelnen Gefässbündel trennen, während die concentrische Schichtung der Holzmasse den jährlichen Zuwachs andeutet, den das Holz durch Bildung neuer Gewebsparthien erfahren hat; diese Schichten nennt man Jahresringe, weil dieselben eine genaue Bestimmung des Alters ermöglichen. Fig. 82 zeigt einen dreijährigen Dicotylenstamm im Quer- und Längsschnitt; a) ist die Rinde; b) die drei Holzschichten oder Jahresringe, von den Markstrahlen (c) in radialer Richtung durchzogen; je zwischen zwei Markstrahlen verläuft der Länge des Stammes nach ein Gefässbündel. Der Bau der Wurzel der Dicotylen stimmt im Allgemeinen mit jenem des Stammes überein, nur besteht der Unterschied, dass das Mark in der Wurzel gegen deren nach unten gerichteten Spitze hin im

Fig. 82.

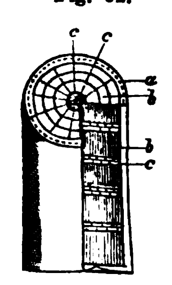


Fig. 82. Schema des Baus des Dicotylenstammes a Rinde, b Holz, c Mark.

Durchmesser abnimmt, während es gegen die Spitze des Stammes hin stets breiter wird. Die Verschiedenheit gründet sich darauf, dass in der Stammspitze die Gefässe an der inneren Seite des Cambiumrings und stets neue nach aussen hin, also in centrifugaler Richtung, entstehen. In den Wurzeln dagegen entstehen die ersten Gefässe an der äusseren Seite des Cambiums und die Fortbildung derselben erfolgt von aussen nach innen, also centripetal, wodurch eine Vergrösserung des Marks gehindert und die Markröhre oft auf ein Minimum reducirt wird.

Die Holzgewächse tropischer Gegenden zeigen keine regelmässigen Jahresringe, weil in diesen keine Vegetationsruhe stattfindet, wie dies bei uns durch die kalte Jahreszeit bedingt wird.

Betrachten wir nun die einzelnen, auf dem Querschnitte des Stammes der Dicotylen erkennbaren Schichten in anatomischer Hinsicht und die Art und Weise ihrer Entstehung und Entwicklung.

§. 29. Die Rinde (Cortex) lässt bei normaler Entwicklung in der Regel drei Schichten erkennen, welche wohl unterschieden werden können; bei jugendlichen Trieben besteht die äusserste Parthie blos aus Epidermis oder Oberhaut mit spärlichen Spaltöffnungen, häufig aber mit den bereits oben angegebenen Nebenorganen, wie Haaren, Stacheln etc. versehen; selten entstehen schon im ersten Jahre unter derselben, wie z. B. bei der Birke, Korkzellen; im zweiten Jahre ist aber die Epidermis schon vom Korkgewebe verdrängt, welches dann die Aussenrinde (Exophloeum) bildet. Wir haben bereits oben das Korkgewebe beschrieben und wiederholen hier nur noch, dass die äussersten Zellreihen desselben stets absterben und verwittern, während die innerste Parthie des Korks aus theilungsfähigen Zellen besteht und nach aussen hin stets neue flache Korkzellen in radialen Reihen bildet; diese innerste Zellparthie des Korks hat man deshalb auch als Korkcambium (Phellogen) bezeichnet. Wie bereits oben erwähnt, sind die Korkzellen meist nur wenig verdickt und führen blos Luft. In der Regel ist aber die Korkbildung eine beschränkte und nur selten findet eine reichlichere Entwicklung von Kork statt, wie z. B. bei Ulmus-, Acer-Arten, wo die jüngeren Aeste schon mit vorstehenden Korkleisten versehen sind; eine sehr lebhafte Wucherung des Korks findet bei den Korkeichen (Quercus Suber L. und Q. occidentalis Gray) in Südeuropa und Nordafrika statt, wo man schon im 15. Jahre die Bäume zu schälen beginnt, um den bekannten, technisch wichtigen Kork zu gewinnen; das Schälen kann dann alle 8—10 Jahre, bis zu welchem Zeitpunkt derselbe sich wieder ersetzt hat, wiederholt werden, aber erst nach der dritten Ernte

wird ein guter weicher Kork erzielt. Die äussere rauhe Parthie des Korks wird mit der Axt entfernt, und schon nach wenigen Monaten findet eine reichliche Wucherung der entblösten Rindenparthien statt. Bei der Ulme, dem Ahorn hört die Korkbildung bald auf, und die älteren Aeste und der Stamm zeigen eine Rinde von gleicher Beschaffenheit, wie die anderer Laubhölzer.

Die glatten, zusammenhängenden, aber dennoch festen Schichten des Korks, welche nur aus flachen, tafelförmigen Zellen bestehen, nennt man Lederkork, nach Mohl „Periderma", im Gegensatze zu den mehr gehäuften, oft von Steinzellen begleiteten Korkparthien, wie solche z. B. bei der Ulme etc. auftreten; die einzelnen Zellen sind hier weiter, länglich viereckig oder polyedrisch und die Masse erscheint deutlich geschichtet; diese Form nennt man Schwammkork, nach Mohl „Stratum suberosum".

Eine eigenthümliche Art von Korkbildung, wie solche namentlich als rissige, schuppige Kruste ältere Stämme überzieht, nennt man Borke (Rhytidoma); hier treten entweder wie bei Fig. 83 a. Peridermschichten in schräger Richtung tiefer in die unter der Aussenrinde liegenden Rindenparthien*) ein, wodurch die ausserhalb derselben liegenden Parenchymschichten absterben und schuppen- oder, wie bei der Calisaya-China, von welcher die nebenstehende Zeichnung eine Abbildung giebt, muldenförmig, nach dem Absterben des eingedrungenen Korks abgeworfen werden. Oder es kann auch geschehen, dass das Periderma in tieferen Gewebsschichten in zusammenhängenden Lagen ringförmig sich entwickelt, wobei gleichfalls die ausserhalb desselben liegenden Gewebsparthien absterben und wie z. B. beim Weinstock, dem Wachholder, den Ribes-Arten, als Ringelborke abgeworfen werden (Fig. 84).

Fig. 83.

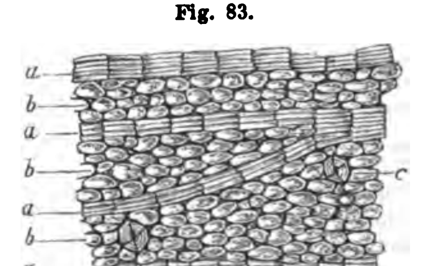


Fig. 83. Borke der Königschina.

Endlich ist hier noch eine seltenere Form von Korkbildung anzuführen, wo sich in tieferen Schichten der Rinde stellenweise rundliche Korkparthien bilden, welche die harten darüber liegen-

*) Auf Fig. 83 ist die Peridermbildung bis in die Innenrinde vorgedrungen, wie die ausserhalb der innersten Korkchicht liegenden Bastzellen c beweisen.

den Gewebsschichten durchbrechen, so dass oft wallförmige Wülste sich bilden, welche ganz mit Korkgewebe ausgefüllt sind und nach dem Verwittern des letzteren rundliche Vertiefungen hinterlassen; dies findet sich am häufigsten an der Wintersrinde des Handels (Cinnamodendron corticosum) in sehr eclatanter Weise.

Fig. 84.

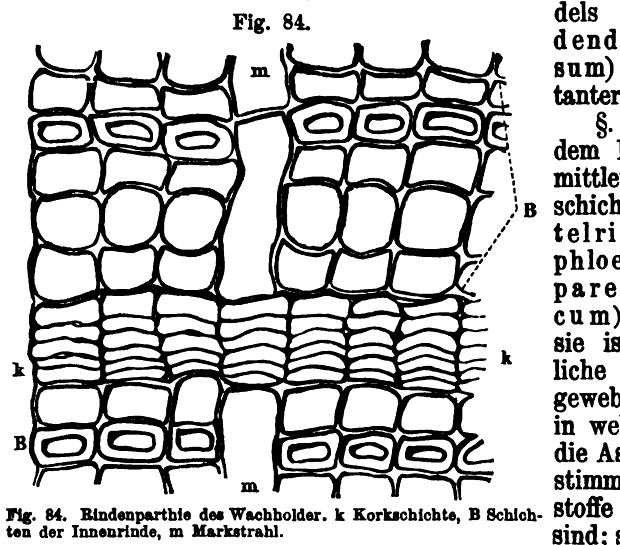
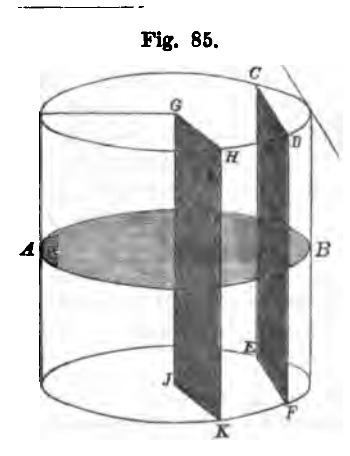


Fig. 84. Rindenparthie des Wachholder. k Korkschichte, B Schichten der Innenrinde, m Markstrahl.

§. 30. Die unter dem Kork liegende mittlere Rindenschicht wird als Mittelrinde (Mesophloeum, Stratum parenchymaticum) bezeichnet; sie ist das eigentliche Ernährungsgewebe der Rinde, in welchem die für die Assimilation bestimmten Nahrungsstoffe abgelagert sind; sie entsteht aus dem Terminalcambium und wird deshalb auch als primäre Rindenschicht bezeichnet; nach ihrer Entstehung nimmt dieselbe nicht mehr in radialer Richtung an Ausdehnung zu, dagegen findet oft in tangentialer Richtung eine Zellvermehrung statt.*) Die Mark-

Fig. 85.



*) Wir geben in Fig. 85 das Schema für die verschiedenen Schnittrichtungen, welche bei mikroscopischen Untersuchungen in Betracht kommen; der abgebildete Cylinder versinnlicht die Achse, durch welche in der Richtung von A nach B der Querschnitt geführt wird; geht der Schnitt der Länge nach in der Richtung von der Peripherie (H K) nach dem Centrum (G J), so wird derselbe ein radialer Längsschnitt genannt, jener aber, der parallel mit der Peripherie in der Richtung von C und D nach E und F geführt wird, ein tangentialer. Während der Querschnitt nur ein allgemeines Bild der Anordnung der verschiedenen histologischen Elemente liefert, lässt der Längsschnitt den Verlauf der langgestreckten Zellen und Gefässe erkennen und verfolgen.

strahlen gehen nie bis in die Mittelrinde, sondern enden schon an der Grenze zwischen ihr und der Innenrinde; die äusseren Zellreihen sind in der Regel grösser, mehr tangential gestreckt, die Zellen werden aber allmälig gegen die innere Parthie feinmaschiger; mitunter enthalten die ersteren auch Chlorophyll, die übrigen meist Amylum, Krystalle etc. In vielen Fällen zeigen sich einzelne oder zusammenhängende Reihen von Parenchymzellen stark verdickt und werden dann Steinzellen genannt; solche kommen z. B. vor bei gewissen Chinarinden, in der Quassien-, Simarubarinde etc.; zusammenhängende Schichten von Steinzellen nennt man einen Steinzellenring, wie z. B. in der falschen Angostura, dem Ceylonzimmt, der Rinde von Quercus etc. Endlich findet man mitunter auch an der Grenze der Mittel- und Innenrinde grössere dünnwandige Milchsaftgefässe oder Saftröhren, wie z. B. bei der Calisaya cum epidermite und anderen Chinarinden.

§. 31. Die Innenrinde oder der Bast (Endophloeum s. Liber) wird als secundäre Rinde bezeichnet, weil sie nicht aus dem Terminalcambium, sondern aus dem peripherischen Cambium entsteht, welches, zwischen Rinde und Holz liegend, jedes Jahr neue Gefässbündelschichten und zwar nach aussen Bast, nach innen Holz bildet. Wo im peripherischen Theile der Gefässbündel Bastzellen auftreten, sind sie in Gestalt nach aussen gewölbter Bündel angeordnet, welche durch die in die Innenrinde hereinziehenden Markstrahlen von einander getrennt werden, wie die entsprechenden Gefässbündel des Holzes. Sehr häufig bleiben diese Bastbündel vereinigt, wie z. B. bei der Weidenrinde, Eichenrinde etc., oft aber auch werden sie durch gleichfalls auftretendes Rindenparenchym aus einander gedrängt, wie z. B. in der Zimmtrinde, wo sie dann vereinzelt stehen oder es bilden sich abwechselnde tangentiale Schichten von Rindenparenchym zwischen den einzelnen Bastbündeln, in welchem Falle der Bast eine geschichtete, bei gehöriger Entwicklung der dieselben kreuzenden Markstrahlen auf dem Querschnitt unter der Lupe eine gefelderte Anordnung erkennen lässt, wie bei Salix etc. Zuweilen werden gar keine Bastbündel oder Bastzellen ausgebildet, wie in der Wurzelrinde der Ipecacuanha, sondern die Innenrinde besteht blos aus Bastparenchym, in welchem Falle die Grenze zwischen Mittel- und Innenrinde durch die bis zur ersten reichenden Markstrahlen bestimmt wird.

Wie bereits oben angegeben, bestehen die Bastbündel aus zähen, stark verdickten, oft sehr lang gestreckten Prosenchymzellen; diese Bündel verlaufen theils gerade, parallel mit der Achse, oft aber auch werden sie durch die tangentiale Dehnung, welche die Rinde bei Verdickung des anwachsenden Holzkörpers erfährt,

aus einander gezogen, wodurch sie einen mehr geschlängelten, hin- und hergebogenen Verlauf annehmen und Maschen zwischen sich lassen, welche dann durch mauerförmiges Parenchym ausgefüllt werden, woran in der Regel die Markstrahlen betheiligt sind; man kann diesen Verlauf der Bastbündel sehr gut durch Maceration, wobei das zartwandige Parenchym zerstört wird, anschaulich machen; es bleiben dann die Bastbündel als zähes, netzartiges Gewebe zurück.

§. 32. Nachdem wir nun die verschiedenen Schichten der Rinde geschildert haben, kommen wir auf den von derselben bedeckten Holzkörper, welcher durch das Cambialgewebe von derselben getrennt ist; letzteres besteht aus mehr oder weniger zahlreichen Reihen äusserst zartwandiger, farbloser Zellen, welche meist auch in radialer Richtung regelmässige Reihen bilden, dabei aber eine mehr tangentiale Streckung zeigen.

Auf dieses Cambium folgt dann gegen das Centrum des Stammes hin das Holz, dessen jüngste Jahresschicht die äusserste ist und als Splint (Alburnum) im Gegensatz zu den älteren, durch concentrische Linien angedeuteten Schichten, dem Kernholz (Duramen) bezeichnet wird. Dieses Holz besteht aus Gefässen und Prosenchymzellen, welche durch die Markstrahlen in keilförmige nach Aussen breiter werdende Parthien getheilt, abwechselnd hellere und dunklere Schichten erkennen lassen, von denen immer zwei zusammen einem Jahresringe entsprechen; die helleren Schichten, dem im Beginn der Vegetationsperiode gebildeten Gefässbündeltheile entsprechend, enthalten die Gefässe und die Zellen derselben sind in der Regel weniger verdickt, als die gegen das Ende dieser Periode gebildeten; die letztere, dichtere Parthie nennt man Herbstholz, die hellere, die Gefässe umschliessende das Frühjahrsholz (Fig. 86). Man nennt die weniger verdickten Zellen des Frühjahrsholzes auch zuweilen Rundfa-

Fig. 86.

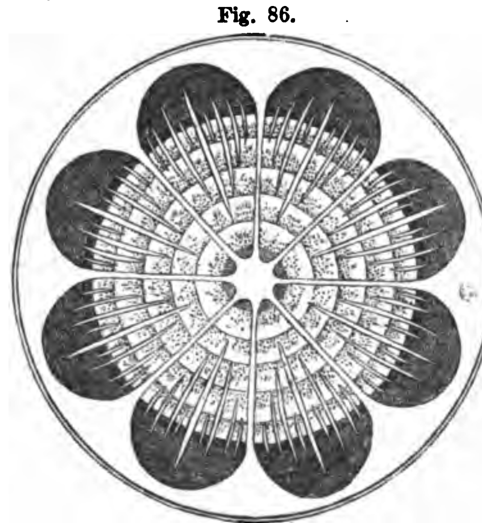


Fig. 86. Durchschnitt durch einen fünfjährigen Trieb; die dunklen Stellen an der Peripherie jedes Gefässbündels ist Bast; die Gefässbündel sind durch primäre Markstrahlen getrennt und enthalten selbst secundäre.

sern, jene des Herbstholzes Breitfasern. Die einzelnen Jahresringe sind gewöhnlich nicht von gleicher Stärke; in der Regel nehmen dieselben bis zu einem gewissen Zeitpunkte, z. B. bei unseren Waldbäumen etwa bis zum 34.—36. Jahre, an Dicke zu und verlieren dann allmälig mit eintretendem Nachlass der Vegetationskraft an Durchmesser. Sehr häufig findet auch nach einer Seite des Stammes eine stärkere Verdickung der Jahresschichten statt, als nach der anderen, wodurch die Schichtung eine excentrische wird und die Markröhre aus dem Mittelpunkt nach der weniger stark verdickten Seite des Stammes hin geschoben erscheint; diese Erscheinung ist in der Regel die Folge äusserer Einflüsse, z. B. des Standorts, wenn die Bäume nach einer Seite hin freier ihre Aeste oder Wurzeln ausbreiten können etc.

Da nun jedes Jahr das Cambium nach Innen zu neue Holzbündel, nach Aussen zu neue Bastbündel bildet, so lassen sich auch in der Innenrinde mehr oder weniger deutliche Jahresringe erkennen; nur ist festzuhalten, dass weil eben das Bildungsgewebe an der Grenze beider Gewebsschichten — nämlich der Rinde und des Holzes liegt, im Bast die innersten, im Holz die äussersten Parthien die jüngsten sind.

Das Mark (Medulla) bildet die innerste Parthie des Stammes, von wo aus die Markstrahlen in einzelnen Reihen oder von mehreren, meist quadratischen, in radialer Richtung gestreckten Zellen bis an die innere Grenze der Mittelrinde verlaufen; diese Zellen sind meist dünnwandig oder auch porös und enthalten meist Amylum,

Fig. 87.

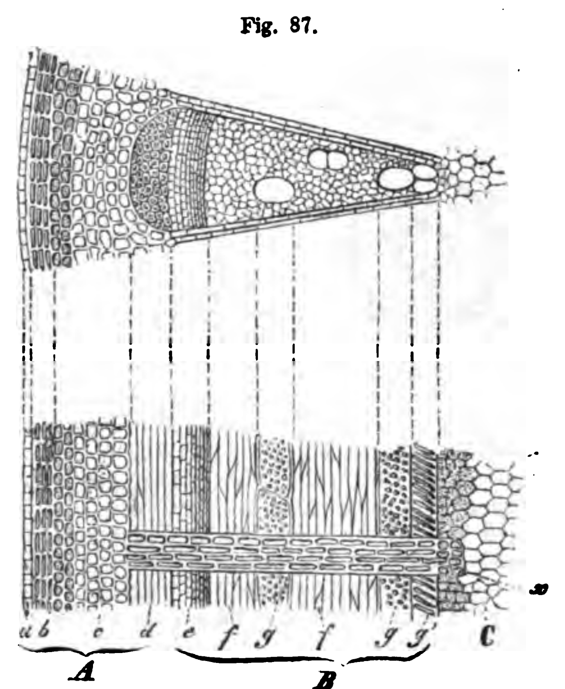


Fig. 87. Schema eines Quer- und Längsschnittes durch einen Dicotylenstamm; Erklärung siehe Seite 36.

mitunter auch Farbstoffe, wie z. B. bei Radix Sassafras etc. Ein peripherisches Wachsthum des Marks findet nicht statt, dagegen verändern sich die Zellen desselben, indem sie sich verdicken und verholzen, oder indem sie durch Resorption zu Grunde gehen und dann die Markhöhle leer zurücklassen; in vielen Fällen bleibt aber ihre Form auch unverändert.

Figur 87 giebt ein halbschematisches Bild des Quer- und Längsschnitts eines Zweigs einer Dicotylenpflanze, einem Gefässbündel entsprechend; a. b. c. d. entsprechen den einzelnen Schichten der Rinde, wobei nur zu bemerken ist, dass, wie bereits oben erwähnt, die Oberhaut a nur so lange vorhanden ist, als noch kein Kork b, gebildet ist; c entspricht der Mittel-, d der Innenrinde oder dem Bast, auf welchen das Cambium o folgt; in dem keilförmigen Segment f—g sehen wir den Xylemtheil des Gefässbündels, bestehend aus Holzzellen und Gefässen, an welches bei C. das Mark anschliesst. Der radiale Längsschnitt, den der untere Theil der Abbildung vorführt, lässt die Unterscheidung der parenchymatischen von der prosenchymatischen (langgestreckten) Elementen zu.

§. 33. Bei Betrachtung der Zusammensetzung der Dicotylen-Gefässbündel müssen wir zwischen einjährigen und Holzpflanzen unterscheiden.

Fig. 88.

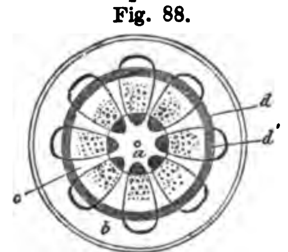


Fig. 88. Schema eines Querschnittes durch einen 1jährigen Trieb. a Mark, b Rinde, c Markstrahlen, d Cambiumring, vor welchem der Bast liegt.

Bei den ersteren sind die Gefässbündel durch mehr oder weniger breite Parenchymparthien getrennt, so dass sie mehr wie vereinzelt im Gewebe des Stengels liegen oder einen weitläufigen Ring bilden, welcher nur von Parenchymstreifen durchbrochen ist (Fig. 88). Der Xylemtheil des Gefässbündels besteht aus mehr oder weniger verdickten Prosenchymzellen, Gefässen und Parenchym, der Phloemtheil aus einem gegen die Peripherie des Stengels hin gewölbten Bastbündel, dessen Zellen theils langgestreckte Prosenchymzellen sind, theils mehr gestreckten Parenchymzellen gleichen; an dem inneren Theil des Bastbündels trifft man zuweilen Siebröhren, cylindrische Parenchymzellen, mitunter auch Milchsaftgefässe. Die oben erwähnten Parenchymstreifen, welche die einzelnen Gefässbündel in radialer Richtung trennen, sind die primären Markstrahlen; bei mehrjährigen Pflanzen entstehen bald im Innern der Gefässbündel Streifen von Parenchymgewebe, secundäre Markstrahlen, welche kürzer, als die ersteren, immer nur in den äusseren Schichten des Holzkörpers beginnend, in gleicher Weise wie die primären gegen die

Rinde hin verlaufen; da sie nie bis zum Mark reichen, hat man sie auch als Bündelstrahlen benannt.

Fig. 89.

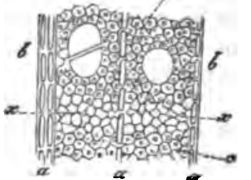



Fig. 89. Holz von Ulmus im Querschnitt. a Markstrahlen b Spiroide von Prosenchym (c) umgeben, x Holzparenchym.

Mitunter verholzt auch das Gewebe der Markstrahlen vollständig, besonders im reifen Holze; dieselben zeigen dann eine bedeutende Festigkeit und schönen Glanz und werden als Spiegelfasern bezeichnet, wie z. B. bei Eichenholz. Bei vielen Hölzern bildet sich endlich auch in der Regel in dem die Gefässe zunächst umgebenden Theile des Xylemtheiles der Gefässbündel sogenanntes Holzparenchym (Fig. 89) aus, bestehend aus wenig verdickten, senkrecht über einander stehenden, sich mit horizontalen Querscheidewänden berührenden Zellen, welche namentlich gegen Ende des Sommers, wie die Markstrahlen, reichlich Amylum enthalten. Diese meist heller erscheinenden Schichten, sowie die Spiegelfasern, bedingen oft die abwechselnden Schattirungen, wegen welcher gewisse Hölzer für feinere Arbeiten besonders geschätzt werden. Wenn durch Zweige oder Knospenbildung, oder auch durch andere Ursachen die einzelnen Elemente des Holztheils der Gefässbündel unregelmässig auseinander gerückt werden, so zeigen jene Stellen auf dem tangentialen Längsschnitt ein eigenthümliches Ansehen was man mit dem Ausdruck einer Maserbildung (Exostosis) bezeichnet hat.

Fig. 90.

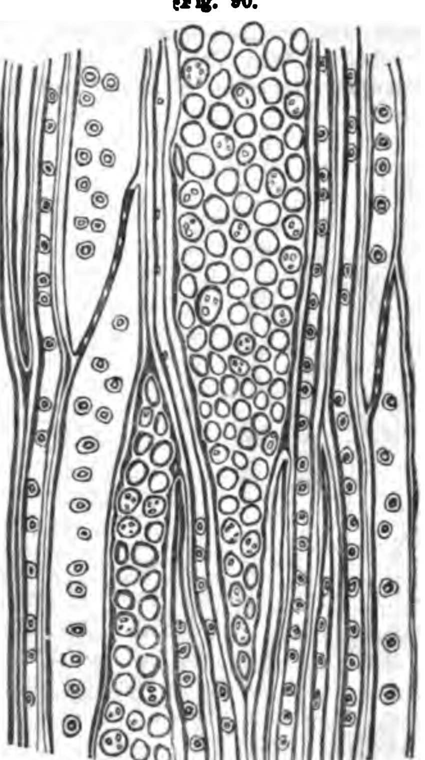


Fig. 90. Holz der Platane im Längsschnitt, bestehend aus gestreckten getüpfelten Zellen und Markstrahlen.

Was nun die Zusammensetzung der Gefässbündel der Holzpflanzen überhaupt betrifft, so fin-

den wir, dass dieselben hauptsächlich aus Gefässen, Parenchym- und Prosenchym-Zellen bestehen; die letzteren, theils spindelförmig und stark verdickt, werden auch als Holz- oder Faserzellen, Holz- oder Libriformfasern bezeichnet und zeigen im Innern meist äusserst kleine, von einem Hof umgebene Tüpfel, wie Fig. 90 zeigt; die Markstrahlen sind in der Regel hier sehr schmal.

Die Gefässe des Holztheils zeigen meist behöfte Tüpfel; nur in dem ältesten Holztheile der Pflanzen, der sogenannten Markkrone oder Markscheide (Corona medullaris), der inneren dunkler schattirten Parthie von Fig. 88. entsprechend, trifft man Ring-, Netz- und Spiralgefässe; die darauf folgenden jüngeren Holzschichten enthalten ausschliesslich getüpfelte Gefässe; dieselben sind in der Regel im Frühjahrholz am weitesten, führen nur im Beginn ihrer Existenz flüssigen Inhalt, später, nach dem Verholzen blos Luft (Fig. 91).

§. 34. Was den Bau der Blätter der Dicotylen betrifft, so stimmt derselbe in Bezug auf die anatomischen Verhältnisse

Fig. 91.

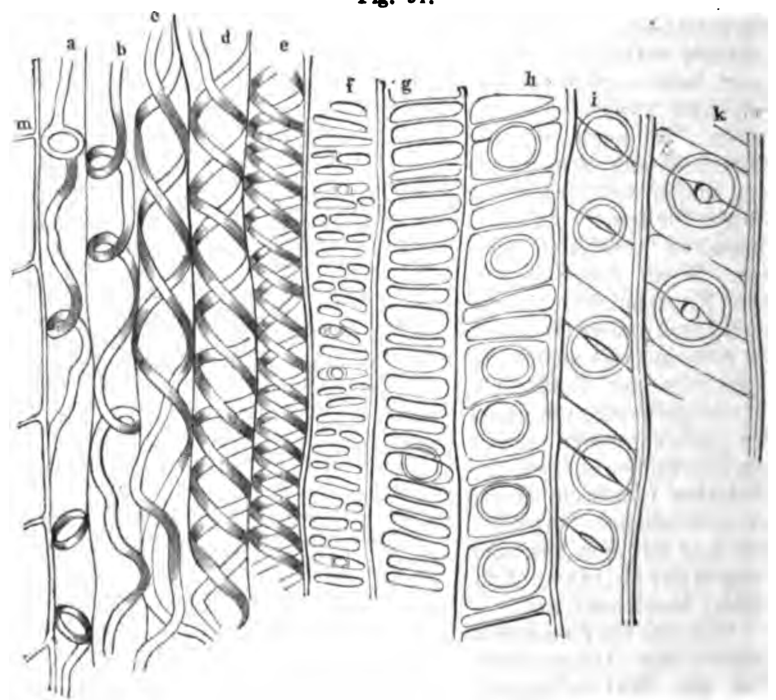


Fig. 91. Längsschnitt durch die Markkrone der Fichte. a bis e verschiedene Formen von Spiralgefässen, f bis i Uebergänge zu den Holzzellen (k), m Markstrahl.

im Allgemeinen mit dem der Monocotylen überein; nur ist die Vertheilung der Gefässbündel und deren Verlauf ein anderer; in der Regel zieht sich ein starker Gefässbündelstamm durch die Blätter der Länge nach vom Blattstiel bis zur Spitze und von dieser aus treten dann im Winkel kleinere Bündel in die Substanz des Blattes, wo sie sich netzaderig verbreiten.

§. 35. Eine wesentliche Abweichung im anatomischen Bau des Stammes gegenüber den Dicotylen zeigen die sogenannten Gymnospermen oder Nacktsamer, wohin die Zapfenbäume und Cycadeen gehören, welche auch mitunter als Polycotylen zusammengefasst werden, weil die Keimpflanze in der Regel mehr als zwei Cotylen, so bei der Fichte 6—10, bei Araucaria 2—4, Damara nur 2, trägt. (Fig. 70.).

Bei den Nadelhölzern besteht das Holz mit Ausnahme der Markscheide, welche Spiralgefässe, mit abrollbaren Verdickungsschichten einschliesst (Fig. 91), bloss aus Prosenchymzellen mit getüpfelten Wänden und die auf dem Querschnitte sichtbaren Jahresringe werden einfach von den abwechselnden Schichten des Frühjahr- und Herbstholzes gebildet. (Fig. 92). Ausserdem unterscheidet sich das Holz der Coniferen noch durch das Auftreten von Harzgängen, von welchen Fig. 92 ein Bild giebt; solche fehlen unseren Laubhölzern. Diese Harzgänge sind Erweiterungen des Intercellularraumes, welche mit kleinen zartwandigen Zellen ausgekleidet sind; letztere scheinen ein später verharzendes ätherisches Oel zu secerniren, welches sich in die Höhlung selbst ergiesst, während später die auskleidenden Zellen resorbirt werden.

Fig. 92.

Fig. 92. Parthie eines Querschnittes von Coniferen-Holz. a Markstrahlen, b Frühjahrholz mit Harzgang c; b' b' Herbstholz.

Der palmenartige, einfache Stamm der Cycadeen besitzt nur dicht um das weite Mark herum zwei Kreise von Gefässbündeln, welche von breiten Markstrahlen durchsetzt, einen mehr wellenförmigen Verlauf zeigen; das Holz besteht aber wie bei den Coniferen blos aus getüpfeltem Prosenchym.

Auf die Nadelform der Blätter gewisser hierhergehöriger Zapfenbäume, werden wir bei der Morphologie der Blätter zurückkommen und bemerken hier nur, dass die Bezeichnung „Nadelhölzer" genau genommen nur auf einen Theil dieser Familie anwendbar ist; denn Salisburia, Damara, etc. besitzen keine nadelförmigen Blätter.

Anmerkung. Die Anatomie der übrigen Organe der Pflanzen, namentlich der Blätter und deren Metamorphosen werden wir mit der Morphologie oder Gestaltlehre derselben verbinden.

III. Abschnitt.

Morphologie oder Gestaltlehre der Pflanzen.*)

§. 36. Wie oben durch Fig. 68 und 69 gezeigt wurde, erkennt man schon an der jungen Keimpflanze die Anlage zur aufsteigenden Achse oder dem Stamm und zur absteigenden — der Wurzel, ferner an ersterer die Seitenorgane, welche man als Blätter bezeichnet. Da diese Organe aus einer Zusammenstellung der Elementarorgane, als welche wir oben die verschiedenen Formen der Zellen und Gefässe kennen gelernt haben, hervorgehen, nennt man dieselben zusammengesetzte Organe.

Die Achse entsteht in jeder Knospe, besonders aber in der Endknospe des Embryo, als nackter Kegel, welcher aus feinmaschigem, blos von der Epidermis bedecktem Parenchym besteht; dicht unter ihrer Spitze entstehen seitlich die Anlagen der Blätter, welche allmälig durch Anwachsen der Stengelglieder aus einander gerückt werden, während der Gipfel der Knospe emporsteigt und endlich zum beblätterten Stamm wird. Da nun in der Spitze der Knospe stets eine Neubildung durch Zelltheilung stattfindet, so nennt man dieselbe den Vegetationspunkt (Punctum vegetationis), bestehend aus einem zartmaschigen Gewebe, dem Terminalcambium, von welchem aus durch das unter ihm liegende, mehr gestreckte Parenchym die ungefärbten Cambiumstränge in der Achse herablaufen, aus welchen die Gefässbündel entstehen.

Die sich zuerst entwickelnde Achse bildet die Stütze der Pflanze und führt den übrigen Organen den Nahrungssaft zu; die Seitenorgane, Blätter (Folia), entstehen am Stamm, ohne ihn zu beenden und dienen der Assimilation des rohen Nahrungssaftes. Die die Achse abschliessenden Endorgane sind die Knospe (Gemma), die Blüthe (Flos) und die Frucht (Fructus) und bestehen selbst aus Achse und Blatt.

Erstes Kapitel.

Die Wurzel (Radix).

§. 37. Die Wurzel ist dasjenige Organ, welches im Allgemeinen nach abwärts wachsend die Pflanze im Boden befestigt

*) Wir werden hier hauptsächlich die zusammengesetzten Organe der Phanerogamen berücksichtigen, da die Morphologie der Kryptogamen in so engem Zusammenhang mit der Systematik steht, dass sie besser im systematischen Theile des Buches abgehandelt wird.

und aus demselben die Nahrung aufnimmt; ihre Basis befindet sich an der Stelle, wo sie in den Stamm übergeht (Wurzelhals, Collum), während das entgegengesetzte Ende als Spitze bezeichnet wird; hier ist also die Spitze nach unten, beim Stamm nach oben gewendet. Dass jede ächte Wurzel an der Spitze die Wurzelhaube als eigenthümliches Organ trägt, haben wir bereits oben gesagt; dagegen trägt die Wurzel im Gegensatz zu der aufsteigenden Achse an der Spitze nie eine Knospe und entwickelt keine Blätter; wohl aber können Adventivknospen überall dort entstehen, wo sich Cambium und Gefässbündel begegnen. Man unterscheidet zwei Hauptformen der Wurzel, nämlich Haupt- und Nebenwurzeln.

Die erstere, auch Pfahlwurzel (Radix palaris oder primaria) genannt, entsteht durch das Auswachsen des Embryowürzelchens (Radicula), indem dicht unter der Wurzelhaube eine Neubildung von Zellen stattfindet; die jüngsten Zellen befinden sich stets unter der äussersten Spitze der Wurzel, welche dadurch immer verlängert wird; die Pfahlwurzel ist immer stärker, als die davon abgehenden, direct aus dem Wurzelholz entspringenden Aeste (Rami), deren dünnere Verästelungen wieder als Wurzelfasern (Fibrillae) bezeichnet werden; letztere sind es, welche die mehr oder weniger zahlreichen Wurzelhaare, aus einem einfachen, nicht von Querscheidewänden unterbrochenen Kanale bestehend, tragen. Solche Hauptwurzeln finden sich bei allen Holzgewächsen, wie bei den ein- und zweijährigen Dicotylen.

Nach ihrer Gestalt nennt man die Wurzel einfach (simplex) oder verästelt (ramosus), wofür Fig. 93 u. 94 Beispiele liefern; ferner ist dieselbe fadenförmig (filiformis), z. B. bei dem deutschen Bertram, spindelförmig (fusiformis) (Fig. 93), rübenförmig (napiformis) Fig. 95, abgenagt (praemorsus), wenn sie plötzlich mit stumpfer Spitze endet,

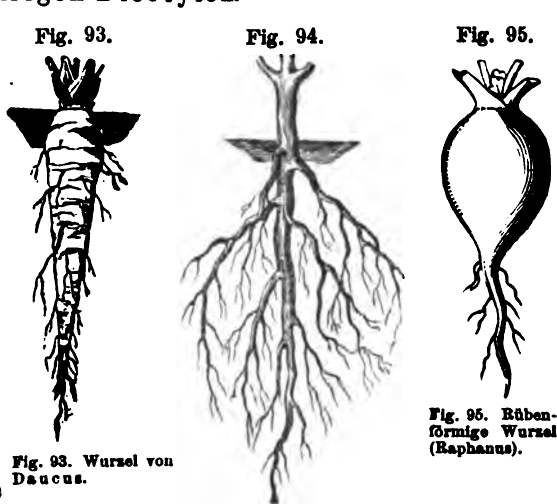

Fig. 93. Fig. 94. Fig. 95.

Fig. 93. Wurzel von Daucus.

Fig. 94. Verästelte Wurzel von Malva.

Fig. 95. Rübenförmige Wurzel (Raphanus).

wie bei **Succisa pratensis** Monet., **vielköpfig** (multiceps), wenn sie an der Basis in mehrere aufwärts steigende Aeste getheilt erscheint, wie bei **Taraxacum** etc.

Nach der **Consistenz** lassen sich ferner **holzige** (lignosus), **fleischige** (carnosus) etc. Wurzeln unterscheiden.

Fig. 96.

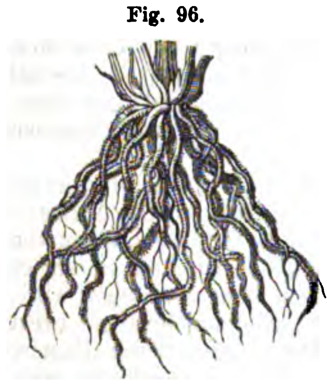


Fig. 96. Faserige Wurzel.

§. 38. **Nebenwurzeln** (Radices secundariae, radicellae) sind solche, welche **nicht** aus einer Verlängerung des Embryowürzelchens hervorgehen, wie z. B. bei den **Monocotylen**, wo letzteres bald abstirbt und die aus dem Stengelende hervortretenden Wurzelfasern die Stelle einer Hauptwurzel vertreten; Fig. 96 zeigt die **faserige** (r. fibrosus) einer **Graminee** (Hordeum), ferner gehören hierher die in Bäume, Mauerwerk eindringende **Klammerwurzel** (r. adligans), wie bei dem Epheu etc., die **Luftwurzeln** (radices aërei), welche über der Erde aus dem **Stamm**

Fig. 97. Fig. 98.

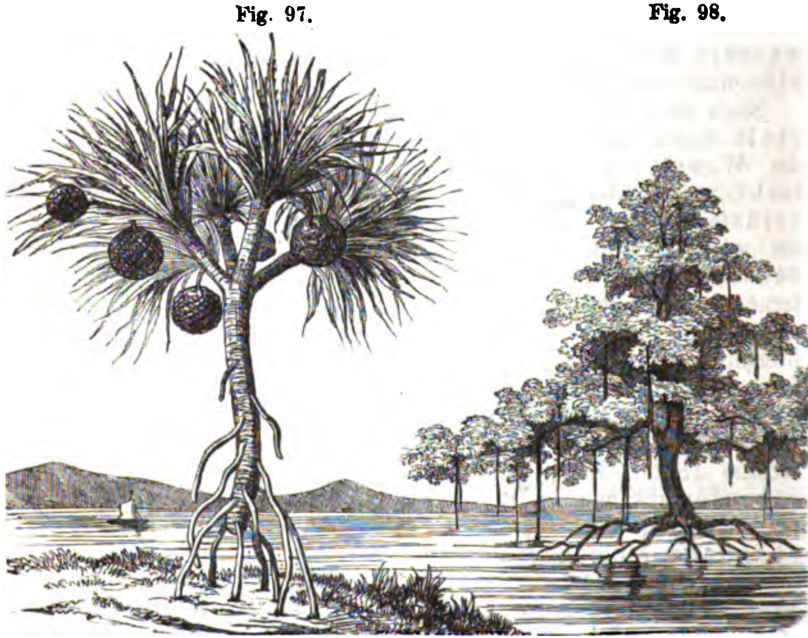


Fig. 97. Luftwurzeln von **Pandanus**. Fig. 98. Luftwurzeln von **Rhizophora Mangle**.

hervortreten und der Erde zustreben (Fig. 97) — oder sogar aus der Krone wie bei Rhizophora Mangle etc. (Fig. 98); schliesslich sind noch hierher zu rechnen die Wurzeln sämmtlicher mit einem Rhizom (siehe nächstes Kapitel) versehener Pflanzen, wie beim Calmus, Iris etc., die falschen Wurzeln (r. nothi), die in das Gewebe fremder Gewächse eindringenden Wurzeln der Parasiten oder Schmarotzerpflanzen, wie z. B. der Mistel (Fig. 99); diese Wurzeln nennt man Saugwurzeln (haustoria).

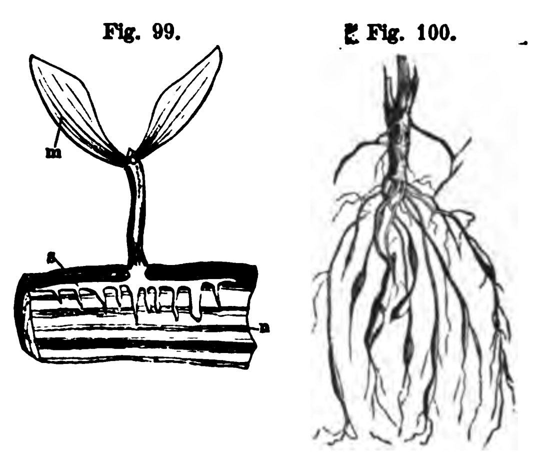


Fig. 99. Fig. 100.

Sind die Wurzelfasern (Fibrillae) an ihrem Ende knollig verdickt, so nennt man sie fadenhängig (filipendulae), wie z. B. bei Spiraea filipendula (Fig. 100); zeigen sich an einer Faser mehrere knollige Verdickungen, welche wie an jene angereiht erscheinen — rosenkranzförmig (moniliformes), wie z. B. bei der Jalape etc.

Den anatomischen Bau der Wurzeln haben wir bereits oben geschildert und erinnern hier nur an den Unterschied in der Ausdehnung des Marks, zugleich hervorhebend, dass der wichtigste Unterschied zwischen Stamm und Wurzel in dem Mangel von Blättern an letzteren Organen besteht.

Zweites Kapitel.

Der Stamm (Truncus, Caulis).

§. 39. Unter der Benennung Stamm, Stengel versteht man die aufwärts strebende Achse der Keimpflanze, welche die Bestimmung hat Blätter, Blüthen und Früchte zu tragen. Wenn man auch gewöhnt ist, nur den über der Erde befindlichen Achsentheil so zu nennen, so besitzen doch verschiedene Pflanzen auch Organe, welche trotzdem hierher zu rechnen sind, obgleich

sie während ihrer ganzen Lebensdauer unter der Erde verbleiben; man hat dieselben als Mittelstock (Caudex intermedius) bezeichnet und werden wir auf die verschiedenen hierher gehörigen Organe unten zurück kommen.

Der unmittelbar aus der Keimachse hervorgegangene Stamm heisst Hauptstamm (T. s. C. primarius), die Verzweigungen desselben nennt man Aeste (Rami), welche sich wieder in Zweige (Ramuli) theilen.

Der Hauptstamm kann einjährig*) (Caulis annuus), zweijährig (biennis) oder ausdauernd (perennis) sein. Gegen die Spitze erzeugt er stets neue, anfänglich gedrängt stehende, später mehr auseinander tretende Blätter aus den sogenannten Knoten (nodi), den Ursprungsstellen der Blätter; der Raum, zwischen je zwei aufeinander folgenden Blättern wird als Stengelglied (Internodium) bezeichnet. Verlängert sich der Stamm nicht durch Auswachsen, so nennt man die Achse unentwickelt, die Pflanze dagegen, nicht ganz zutreffend, stengellos (acaulis), obgleich der Stengel vorhanden, aber nur mehr in horizontaler Richtung ausgebildet ist. Verlängert sich aber die Achse beim Auswachsen, so heisst dieselbe eine entwickelte.

Die Nebenachsen (C. secundarii) entstehen aus den sogenannten Axillarknospen (Gemmae axillares), welche aus den Blattachseln (Axilla) oder den Winkeln, welche die Blätter gegen den oberen Theil des Stammes bilden, entspringen; treten sie an der Basis des letzteren aus den Blattachseln hervor, so nennt man sie einfach Nebenstämme, wenn sie sich aber aus den oberen Achselknospen entwickeln — Aeste oder Zweige.

§. 40. Nach der Beschaffenheit der an dem Stengel oder Stamm auftretenden Blätter und deren Bedeutung werden folgende Regionen unterschieden:

1) Die Keimblattregion, entsprechend der Achse des Embryos, welche an ihrer Spitze die Cotylen und zwischen oder über diesen das Knöspchen trägt.

2) Die Niederblattregion (Niederblattstengel), der unterirdische, mit schuppenartigen Blättern versehene Stamm, auf welchen wir unten zurückkommen; die Blätter an diesem sind nicht grün gefärbt.

3) Die Laubblattregion, der gestreckte überirdische Theil des Stammes, welcher die in der Regel grünen Blätter trägt; und

4) die Hochblattregion, welche die zarter gebildeten, häufig verschieden gefärbten Hochblätter trägt, aus deren Achsel

---

*) Der Kürze wegen setzt man auch Zeichen, wie ⊙ für einjährig, ⊙ oder ♂ für zweijährig und ♃ für perennirend.

der Blüthenstiel entspringt, wenn derselbe nicht die verlängerte Achse des Hochblattstengels oder das die Blüthe tragende Stengelglied selbst ist.

Die erste Region zeigt bei allen mehrjährigen Pflanzen nur kurze Dauer, während die zweite fast blos bei perennirenden Pflanzen sich findet. Die Figur 101 giebt ein schematisches Bild einer Pflanze mit Nieder- und Laubblättern; Fig. 102 ein solches mit diesen beiden und mit Hochblattregion.

Fig. 101. Fig. 102.

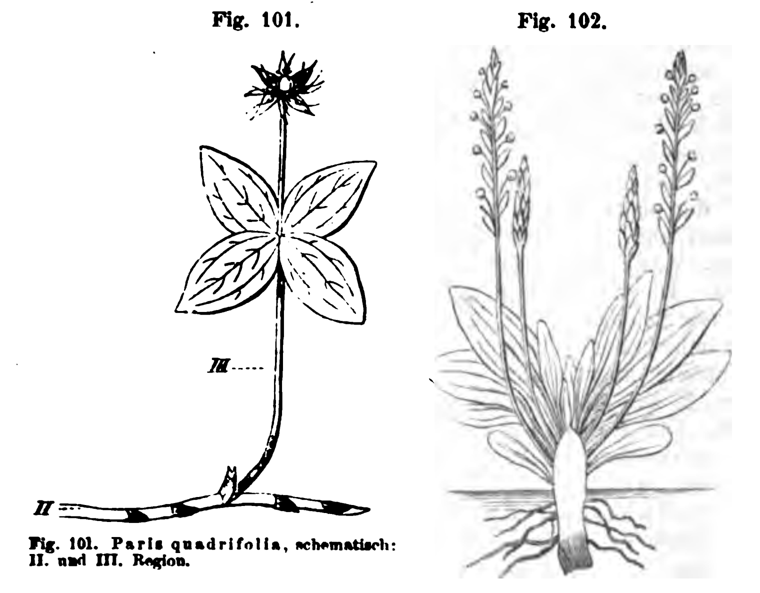


Fig. 101. Paris quadrifolia, schematisch: II. und III. Region.

Fig. 102. Plantago media, schematisch: II. III. IV. Region.

§. 41. Nach der Dauer und Beschaffenheit der Haupt- und Nebenachsen unterscheidet man folgende Stengel- und Stammformen:

1) Der Baum (Arbor) ist der durch eine Pfahlwurzel befestigte, nach oben in Aeste und Zweige sich theilende, holzige Hauptstamm (Truncus) der Dicotylen; der obere, ausgebreitete Theil oder Gipfel wird als Krone bezeichnet; ist der Stamm schon vom Grunde an verästelt, so nennt man ihn strauchartig (fructicosus). Der Palmstamm (Cauloma) unterscheidet sich von dem Holzstamme *) der Dicotylen, abgesehen von dem anatomischen Bau, hauptsächlich dadurch, dass er, von Nebenwurzeln

*) Das Zeichen für den Holzstamm überhaupt ist ♄.

getragen, meist durch die Reste der abgestorbenen Wedel genarbt, nur an der Spitze einen Wedelbüschel trägt; er kommt blos den baumartigen Monocotylen zu und ist fast stets einfach; doch zeigen ältere Individuen mitunter auch nach oben eine gabelästige Theilung, wie z. B. bei Hyphaene, Dracaena etc. — Der Halm (Culmus) ist der mit ringförmigen Knoten versehene Stengel der grasartigen Monocotylen, welcher höchstens an seinem oberen Theile verzweigt ist; derselbe ist meist hohl, nur an den Knoten geschlossen, mitunter aber auch solid, wie bei Zea, Saccharum, den Juncaceen, Cyperaceen etc.; bei gewissen Gräsern der Tropengegenden wird der Halm baumartig, wie bei Bambusa etc.

2. Der Strauch (Frutex) unterscheidet sich vom Baume dadurch, dass der zwar noch verholzte Stamm sofort von der Basis an verästelt, also fehlt ein eigentlicher Hauptstamm, so wie die Krone. Bei dem Halbstrauche (Suffrutex) ist nur der untere Theil der oberirdischen Stengel verholzt; derselbe dauert den Winter über aus, während die jüngeren Theile absterben, wie bei Ruta, Vaccinium Myrtillus etc.

3. Die Staude (planta perennis) besitzt unterirdische, ausdauernde Stengel, die im Frühjahre oberirdische Triebe (Nebenstämme) hervorbringen, welche die Blüthen tragen, nach der Fruchtreife aber wieder absterben bis zum unteren Stengelgliede, wie z. B. bei Atropa etc.

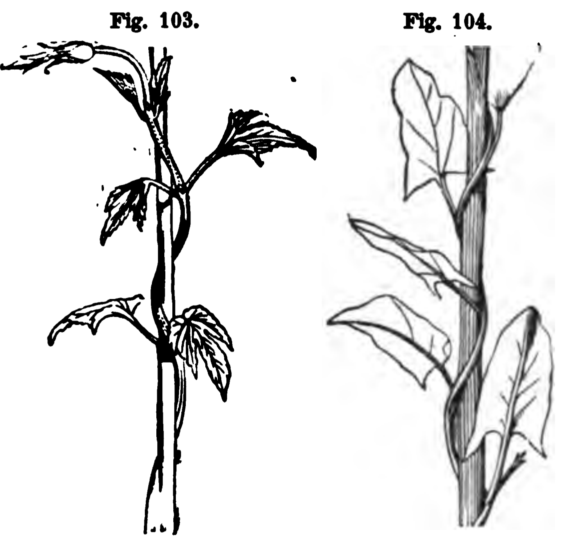
4. Der Krautstengel ist der gar nicht oder nur theilweise verholzende Stengel der ein- oder zweijährigen Krautpflanzen (Herbae), welcher nach einmaligem Fruchttragen abstirbt. Bei dem einjährigen Kraute trägt derselbe schon im ersten Jahre Blüthen; bei dem zweijährigen entwickeln sich im ersten Jahre nur Wurzel und grundständige Blätter, im folgenden der die Blüthe tragende Stengel, wie bei verschiedenen Umbelliferen, z. B. Conium etc, oder es bildet sich nur ein beblätterter Stengel aus, der erst im zweiten Jahre zur Blüthe kommt, wie z. B. bei Helleborus foetidus etc. — Endlich ist noch das mehrjährige Kraut ♋ (Herba multennis) zu unterscheiden, welches eine unbestimmte Reihe von Jahren blos Blätter erzeugt, endlich zum Blühen gelangt, aber mit der Fruchtreife abstirbt, wie bei Agave etc.

Ein nicht verholzender Stengel ist endlich noch der Schaft (Scapus), welcher blos zum Tragen der Blüthe bestimmt ist, während die übrigen Stengelglieder unentwickelt bleiben; derselbe ist einblüthig, wie bei der Tulpe etc. oder mehrblüthig, wie z. B. bei Plantago, Primula etc.

§. 42. Nach seiner Richtung ist der Stamm:

Aufrecht (Caulis erectus), wenn er völlig vertikal bis zur Spitze aufsteigt; überhängend (cernuus), wenn er sich nach oben

im Bogen gegen den Horizont neigt, wie bei Helianthus etc.; nickend (nutans), wenn er sich an der Spitze gegen die Erde neigt, wie bei Silene nutans etc.; aufsteigend (adscendens), wenn der Stamm, anfangs aufrecht, sich im Bogen herabneigt und mit der Spitze wieder aufsteigt; liegend (humifusus), wenn er der Erde anliegend fortwächst, wie Herniaria glabra etc.; kriechend (repens), wie der vorige, aber an der unteren Seite Nebenwurzeln treibend, wie bei Vinca etc.; niederliegend (procumbens), niedergestreckt (prostratus), wenn der Stamm nur an der Basis aufrecht, mit den Aesten auf der Erde liegt, wie bei der Bärentraube etc.; schwimmend (natans), wenn er vom Wasser getragen und fluthend (fluitans), wenn er unter dem Wasser der Richtung des Stromes folgt, wie bei vielen Wasserpflanzen etc.; klimmend (scandens), wenn er mittelst Klammerwurzeln (Epheu) oder Ranken (Cucurbitaceen) in die Höhe steigt; windend (volubilis), wenn er in Windungen um sich und um eine Achse emporsteigt; hier ist zwischen rechts- und links windend zu unterscheiden; dies wird in der Weise bestimmt, dass sich der Beobachter selbst in die Achse versetzt denken muss und dann die Windung von der rechten zur linken Seite, was bei den meisten windenden Pflanzen der Fall ist, als linksgewunden (Papilionaceen, Convolvulaceen etc.), im entgegengesetzten Falle von links nach rechts als rechts gewunden bezeichnet, wie z. B. beim Hopfen, den Caprifoliaceen etc. (Fig. 103 giebt ein Beispiel für letztere Art der Windung, 104 für die erstere).


Fig. 103. Fig. 104.

§. 43. Nach dem Umfang, welcher am besten auf dem Querschnitt beurtheilt wird, ist der Stamm: stielrund (teres), halbstielrund (semiteres), wenn die Schnittfläche einen Halbkreis darstellt, zusammengedrückt (compressus), wenn die-

selbe eine Ellipse bildet; zweischneidig (anceps), wenn die Ellipse an beiden Seiten mit scharfen Kanten endet; 2—4seitig (bi-quadrilaterus) (Fig. 105), mit geraden Seiten zwischen stumpfen Kanten; dreischneidig (triqueter) (Fig. 106) mit geraden Seiten zwischen scharfen Kanten; 3—5kantig (tri-quinquegonus) (Fig. 107) mit convexen Seiten zwischen stumpfen Kanten etc.; gefurcht (sulcatus), wenn der Stengel vertiefte Längsrinnen zeigt; gerippt (costatus), wenn er vorspringende Längskanten zeigt; erkennt man erhabene und vertiefte Längsstreifen, so heisst der Stengel gestreift (striatus), wenn derselbe frei von Furchen und Längskanten — glatt (glaber) etc.

Fig. 105. Fig. 106. Fig. 107.

§. 44. Der Stengel ist entweder einfach (Caulis simplex) oder durch Seitenachsen verästelt (ramosus), bei sehr starker Verzweigung sehr verästelt (ramosissimus); die Stellung der Verzweigungen, welche aus achselständigen Knospen hervorgehen, wie wir oben § 39 bereits erörterten, zur Hauptachse, ist den

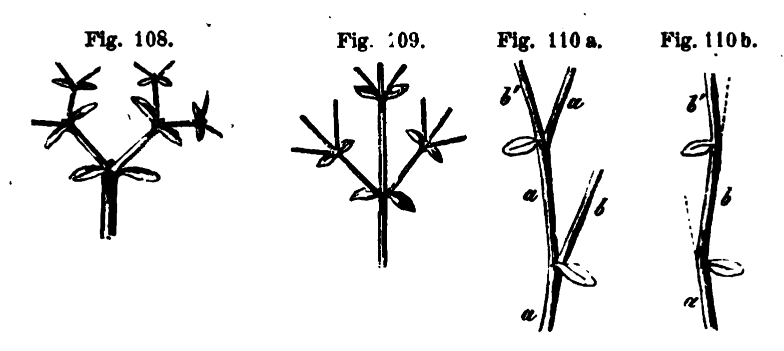


Fig. 108. Fig. 109. Fig. 110 a. Fig. 110 b.

Gesetzen der unten zu besprechenden Blattstellung unterworfen; doch kommen auch in Folge von Fehlschlagen in der Anlage vorhandener Knospen, wie namentlich an den mittleren Stengelgliedern der Monocotylen, Abweichungen vor. Schlägt die Gipfelknospe fehl, während die Seitenknospen auswachsen, so wird der Stengel gabelästig (dichotomus) (Fig. 108), wird aber erstere auch zu einer Achse verlängert, so ist die Verästelung eine dreigabelige (trichotoma) (Fig. 109); nähert sich bei einzelnen Blättern die Stärke des Seitentriebs jener der Hauptachse, so nennt man dies eine falsche Dichotomie, weil hier nicht der Gipfel selbst sich gabelig theilt (Fig. 110a).

Tritt eine Seitenachse gänzlich an die Stelle einer fehlgeschlagenen Hauptachse, wie dies bei den Blüthenständen der Juncaceen häufig vorkommt, und setzt letztere in ihrer Richtung fort, so bezeichnet man einen solchen Trieb als zusammengesetzten Spross (Sympodium), während die durch Gipfelsprossung gebildete Hauptachse auch Monopodium genannt wird (Fig. 110b).

§. 45. Nach ihrer Richtung zum Hauptstamme sind die Aeste:

Aufrecht (Rami erecti), angedrückt (adpressi), wenn sie der Länge nach den Stamm berühren; gedrungen (coarctati), wenn sie sich nach oben gegen den Stamm biegen; abstehend (patentes), wenn sie etwa im Winkel von 45°, ausgebreitet (patuli), wenn sie in rechtem Winkel abstehen; zurückgebogen (reflexi), wenn sie mit der Spitze abwärts gebogen sind; herabhängend (penduli), wenn sie, wie bei der Trauerweide, schlaff herabhängen etc. Für die Oberfläche gelten dieselben Ausdrücke, wie für den Stengel oder Stamm.

Mitunter nehmen die Zweige auch die Gestalt flach ausgebreiteter, blattartiger Gebilde an, wie z. B. bei Ruscus etc. und werden dann als Blattzweige oder Phyllocladia bezeichnet; dieselben entspringen dann aus der Achsel kleiner schuppenförmiger Blättchen und führen auf ihrer Fläche Blüthenstielchen welche gleichfalls von einem kleinen Stützblättchen getragen werden, welches dem Phyllocladium angewachsen ist (Fig. 111).

Fig. 111.

Fig. 111. Phyllocladium von Ruscus.

Schliesslich wären hier noch die eigenthümlichen Nebenachsen zu erwähnen, welche man als Stocksprossen (Soboles) bezeichnet; es sind dies aus Wurzelsprossen entstandene, niederliegende, theils unter der Erde verlaufende und dann mit schuppenförmigen Niederblättern versehene, theils über der Erde hinkriechende Triebe, welche im letzteren Falle auch, wie bei der Erdbeere, Laubblätter tragen und aus ihren Knoten Wurzeln und Knospen entwickeln, welche man als Schössling (Sarmentum) oder Ausläufer (Flagellum) bezeichnet. Dieselben können von der Mutterpflanze getrennt, sich als selbstständige Individuen entwickeln und somit zur Vermehrung der ersteren verwendet werden (Fig. 112).

§. 46. Anschliessend an den oberirdischen Stamm haben wir hier noch den Mittelstock (Caudex intermedius) als unterirdisches Achsenorgan zu betrachten; von der Wurzel unterscheidet sich derselbe dadurch, dass er Blätter hervorbringt und

Fig. 112.



Fig. 112. Schösslinge von Fragaria vesca.

an der Spitze Knospen trägt, aus welchen sich Nebenstämme entwickeln, während an der unteren Seite desselben Nebenwurzeln hervortreten.

Fig. 113.

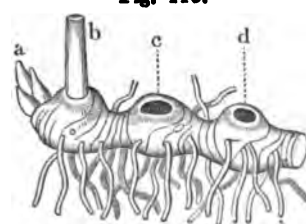


Fig. 113. Wurzelstock. a Stockknospe, b Stengel, c und d Narben abgestorbener Stengel.

Fig. 114.



Fig. 114. Wurzelkopf von Primula.

Die wichtigsten Formen des Mittelstocks sind: Wurzelstock, Zwiebel und Knolle.

Der Wurzelstock (Rhizoma) ist ein unterirdischer perennirender Stamm, welcher mit Blattansätzen versehen und meist verzweigt, an der Spitze und in der Nähe der Blattnarben Knospen treibt, aus welchen einjährige Triebe hervorgehen, während zugleich jedes Jahr an dem jüngsten Theile zahlreiche Nebenwurzeln hervortreten. Diese Knospen werden als Stockknospen (Turiones) bezeichnet und überwintern in der Erde (Fig. 113). Die Rhizomen sind besonders deutlich durch die Reste der scheiden- oder schuppenförmigen Blätter (Niederblätter) genarbt, wie z. B. bei Acorus, Menyanthes und der Verlauf sehr häufig ein horizontaler, namentlich bei jenen der Monocotylen, welche dann besonders deutlich entwickelte Stengelglieder zeigen; dagegen erhebt sich das Rhizom auch mitunter senkrecht oder schief, theilt sich nach oben in kurze Aeste und bildet so die sogenannten Wurzelköpfe (Rhizoce-

phalides); diese Form des Wurzelstocks (Fig. 114) unterscheidet sich von den eigentlichen Wurzelstöcken dadurch, dass sie eine gemeinsame bleibende Wurzel besitzt. Die Ausläufer (Stolones) sind in die Länge gezogene, unter- oder oberirdische, mit Knoten versehene Rhizome, welche an den Knoten bei den Monocotylen auch geringelt sind (Fig. 115).*)

Fig. 115.

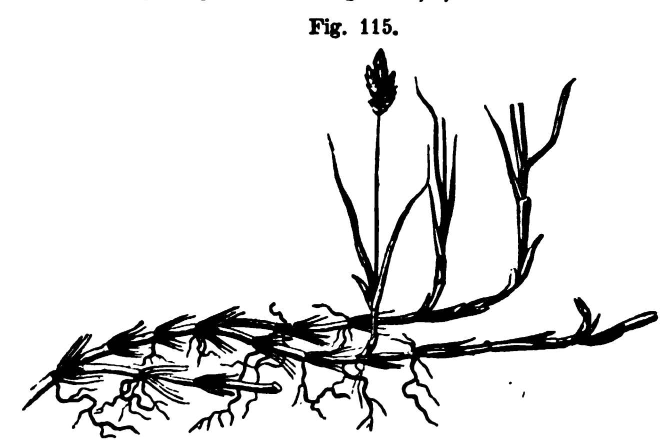


Fig. 115. Stolonen von Carex arenaria.

Die Zwiebel (Bulbus) (Fig. 117) ist ein verkürzter Stengel — Zwiebelscheibe (Lecus), auf welchem die meist fleischigen, aussen gewöhnlich trockenhäutigen Niederblätter stark entwickelt sind und in der Regel spiralig die Knospe umschliessen. Nach unten treten aus dem Umfange der Zwiebelscheibe einfache Wurzelfasern hervor und je nach der Consistenz der Zwiebelblätter wird die Zwiebel selbst schalig (tunicatus), schuppig (squamosus), faserig (fibrosus), netzförmig (reticulatus, wie bei Allium victoriale) genannt; verwachsen die inneren Blätter zu einer homogenen Masse, so nennt man die Zwiebel fest (solidus) oder auch, wie bei Colchicum „Knollzwiebel“ Bulbotuber (Fig. 116). Dass bei der Beschreibung einer Zwiebel auch die äussere Form in Betracht kommt, versteht sich von selbst.

Fig. 116.



Fig. 116. Knollzwiebel von Colchicum.

*) Zu den Rhizomen gehören endlich auch die sogenannten Knollstöcke (Cormus), wurzelähnliche, ausdauernde, unterirdische Stämme, welche blos Axillarknospen, aber keine Terminalknospe treiben und statt der bald abster-

Nebenstehende Figur zeigt eine Zwiebel im Längsschnitt mit auf der Zwiebelscheibe (b) aufsitzenden Niederblättern und mit sogenannten Brutzwiebeln (Bulbulus) bei (a); letztere sind Seitenknospen, welche aus der Achsel der fleischigen Blätter entspringen; finden sich mehrere solcher in einer Zwiebel, so nennt man diese eine zusammengesetzte (Bulbulus compositus).

Fig. 117.

Fig. 117. Zwiebel im Längsschnitt; a Brutzwiebeln, b Zwiebelscheibe (lacus).

Fig. 118.



Fig. 118. Knolle von Carum Bulbo-castanum.

§. 47. Die Knolle (Tuber) ist ein fleischig verdickter, unterirdischer Stamm oder Zweig eines solchen (wie z. B. bei Aconitum Napellus), meist ohne oder nur mit sehr rudimentären Niederblättern versehen, welche die an der Oberfläche eingesenkten Knospen stützen; bei der Kartoffel sind die Knospen in Gruben eingesenkt und von schuppenförmigen Blättchen umgeben.

Fig. 119.

Fig. 119. Doppelknollen von Orchis (a u. b) odoratissima.

Die Knollen sind entweder einfach (Fig. 118) oder handförmig getheilt (Fig. 119); bei der Kartoffel (Fig. 120) sind die Knollen f blos an den Seitenästen anzutreffen, welche sich in den Achseln der Keimblätter d oder der untersten Blätter entwickeln, nie aber an der Wurzel selbst; bei den Orchideen entspringt in der Regel die neue Knolle (Fig. 121 bei*) aus der Achsel des zweiten Blattes, dessen Basis sie durchbricht und mit dem die blühende Pflanze tragenden Knollen sogenannte Doppelknollen (Tubera geminata) bildet (Fig. 121); die alte Knolle ist leicht an ihrem geschrumpften Aussehen von der jungen Knolle (a) zu unterscheiden.

---

benden Hauptwurzel Nebenwurzeln hervorbringen, wie bei Cicuta, Veratrum album, Valeriana etc.

Fig. 120.

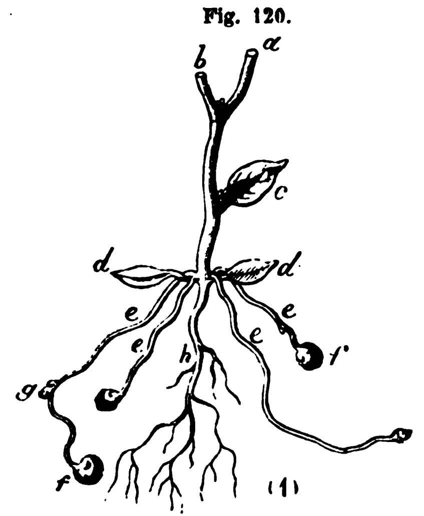


Fig. 120. Junge Kartoffelpflanze. a und b Abgeschnittene Aeste, d Keimblätter, e knollentragende Zweige, h Wurzel..

Fig. 121.

Fig. 121. Doppelknollen von Orchis Moris. a Jüngere Knollen, b Aelterer, stengeltragender Knollen.

Die anatomischen Merkmale des Baus des Stengels, Stammes etc. haben wir bereits oben abgehandelt.

Drittes Kapitel.

Die Knospe (Gemma).

§. 48. Die Knospen oder Augen sind diejenigen Organe, aus welchen die Verästelungen der Wurzel und des Stammes, sowie Blätter und Blüthen hervorgehen; sie stehen sowohl an der Spitze der Zweige, wie auch seitlich in den Blattwinkeln und umschliessen die noch unentwickelten Stengelglieder mit den dicht gedrängten Blattorganen. Sie halten nach Abfallen der Blätter den Winter über aus, um im Frühlinge sich zu einem neuen Triebe zu entfalten, welcher entweder zu einem blättertragenden Zweig auswächst oder sich zu einem blüthentragenden Spross ausbildet; im ersten Falle nennt man die Knospen Blattknospen oder Holzaugen (Gemmae foliiparae), im letzteren Tragknospen oder Blüthenaugen (Gemmae floriparae). Die Blüthenknospe selbst aber wird als G. floralis bezeichnet, so lange die Blüthe unentfaltet ist.

Endlich unterscheidet man noch die an der oberirdischen Achse entstehenden Knospen als Stammknospen von den an

der absteigenden Achse auftretenden Wurzelknospen, aus welchen die Neben- oder Adventivwurzeln hervorgehen. Wie schon oben angegeben, liegt bei der Stammknospe, sowohl im Keim, als auch an der bereits entwickelten Pflanze, das Terminalcambium unmittelbar an der kegelförmigen, zarten Spitze, dem sogenannten Vegetationspunkte,. welcher blos von der Epidermis bedeckt ist; dort findet stets eine rege Zellbildung statt, durch welche das terminale als peripherische Wachsthum der Pflanze unterhalten wird (Fig. 122). Bei der Wurzelknospe dagegen liegt das Cambium nicht an der Spitze, sondern im Grunde der Wurzelhaube, wo das Wachsthum der Wurzel stattfindet, wobei durch Auswachsen derselben die schützende Wurzelhaube stets vorwärts geschoben wird.

Fig. 122.

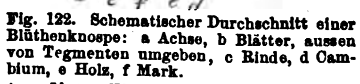


Fig. 122. Schematischer Durchschnitt einer Blüthenknospe: a Achse, b Blätter, aussen von Tegmenten umgeben, c Rinde, d Cambium, e Holz, f Mark.

Fig. 123.

Nach ihrer Stellung an der Pflanze kann eine Knospe Gipfel- oder Endknospe (Gemma terminalis) sein und hat dann die Bestimmung, die Achse unmittelbar fortzusetzen (Fig. 123, a) oder sie ist eine Seiten- oder Achselknospe (G. lateralis), Fig. 123, b, in welchem Falle sie stets im Winkel eines Blattes entsteht und dann Seitenachsen hervorbringt, welche hinsichtlich ihrer Vertheilung dann selbstverständlich von der Anordnung der Blätter abhängig sind.

Treten aus einem Blattwinkel mehrere Knospen hervor, so wird die am kräftigsten entwickelte als Hauptknospe, die übrigen als Nebenknospen (G. secundariae s. accessoriae) bezeichnet.

Das unmittelbar unter der Knospe stehende Blatt nennt man Stütz- oder Tragblatt; ist dies im Winter abgefallen, so erkennt man an der betreffenden Stelle die Blattnarbe (siehe Fig. 123), welche gewöhnlich von einer kleinen Anschwellung, dem Blattkissen (Pulvinus), getragen wird. In der Regel sind an den Blattnarben noch die Spuren der in den Blattstiel von der Achse aus einmündenden Gefässbündelstränge als erhabene Punkte etc., wie z. B. bei der Rosskastanie, zu erkennen.

§. 49. Adventiv- oder zufällige Knospen (G. adventitiae) sind solche Knospen, welche, ohne von einem Blatt gestützt zu sein, an beliebigen Stellen der Achse, wo im Cambium Gefässstränge vorhanden sind, auftreten können; hierher gehören z. B. die unter dem Namen Wurzelausschlag oder Wurzeltriebe (Malleoli) bekannten Triebe auf den auf dem Boden hinlaufenden Wurzelästen (Thauwurzeln) der Sauerkirsche, Pflaume etc.

Proventiv- oder Schlafaugen (G. proventitiae) sind solche Achselknospen, welche nicht zur Entwicklung gelangten, sondern in der Rinde ruhend verharren und unter geeigneten Umständen, z. B. wenn die vorhandenen Knospen durch Frost etc. zu Grund gegangen sind, erwachen und sich entwickeln; sie sind demnach eigentlich Reserveknospen, welche aber auch in ihrer Ruhe an Umfang zu nehmen und zur Bildung von Auswüchsen Veranlassung geben, wie solche an den Linden, Kastanien etc. vorkommen und dann auf dem Längsschnitt die unter dem Namen „Maser“ bekannte Zeichnung im Holze darstellen. Aus diesen Proventivknospen entsteht der sogenannte Stockausschlag (Soboles), jene Zweigbildung an dem Stocke umgehauener Bäume.

Endlich gehören noch hierher die sogenannten Brutknospen oder Brutzwiebeln, welche sich als fleischige Axillarknospen am oberirdischen Stengel verschiedener Pflanzen, wie z. B. in den Blüthen gewisser Allium-Arten, in den Blattachseln von Lilium bulbiferum, von Ranunculus Ficaria etc. bilden und nach ihrer Trennung von der Mutterpflanze zu selbstständigen Individuen entwickeln; werden, wie bei Allium, solche Brutknospen durch Umwandlung von Blüthen gebildet, so nennt man solche Pflanzen lebendiggebärende (viviparae). Die Art und Weise der Ausbildung der Knospen ist von grosser Wichtigkeit für die Tracht (Habitus) der Pflanzen; entwickelt sich die Endknospe regelmässig, so verlängert sich der Stamm stets an der Spitze, wie bei der Tanne etc.; fehlt die Gipfelknospe, wie bei Syringa (Fig. 124), so wird die Verästelung eine gabelförmige (dichotome) durch Auswachsen der beiden obersten, gegenüberstehenden Seitenknospen; die Weiden, denen man die Endknospen abschneidet, bilden an ihrem oberen Ende eine Krone von dicht gestellten Zweigen; die Monocotylen, bei welchen häufig die Seitenknospen fehlschlagen, behalten deshalb einen einfachen, nicht verästelten Stamm oder Stengel etc.

Fig. 124.

§. 50. Wie Fig. 122 zeigt, besteht die Knospe im Innern aus der Achse mit unentwickelten Stengelgliedern und deshalb

mit gedrängt an einander gereihten Blattanlagen; die Spitze der ersteren bildet der Vegetationspunkt; da diese zarten Organe den Winter überdauern müssen, sind sie in der Regel bei den meisten ausdauernden Pflanzen, wo sie im Herbst entstehen und im Frühjahre sich entfalten, durch besondere derbhäutige Organe, die Knospendecken oder Knospenhüllen (Fig. 122, b) (Tegumenta) geschützt; sind letztere schuppenförmig, so heissen sie Knospenschuppen (Squamulae s. Perulae); mitunter sind letztere trockenhäutig (Squamulae scariosae), wie z. B. bei der Eiche; klebrig (S. glutinosae), wie bei Aesculus; filzhaarig, wollig, glatt etc.; in anderen Fällen versehen gewöhnliche Blätter oder laubartig gestaltete Nebenblätter die Stelle der Knospenschuppen; sind die Schuppen sehr kurz, wie bei Sambucus, so ist die Knospe halbbedeckt; wenn solche ganz fehlen, wie bei Viburnum Lantana etc., nackt. Die Knospen der in warmen Erdstrichen lebenden Pflanzen sind in der Regel nackt, ebenso auch jene der einjährigen Pflanzen, deren Entwicklung natürlich nicht durch den Winter unterbrochen wird, aber während der Vegetationsperiode stets fortdauert.

In der Regel fallen die Knospendecken im Frühjahre ab, wenn die Knospen zu schwellen beginnen; zuweilen wachsen sie jedoch auch noch einige Zeit am Grunde fort, wie bei der Buche, Eiche etc.

Da beim Ausschlagen der Knospen die Stengelglieder derselben mit Ausnahme desjenigen, welches die äusseren Knospenschuppen trägt, sich verlängern, so erkennt man an der Basis jedes Jahrestriebs deutlich die Ansatzstellen dieser Schuppen (Fig. 124). Die beiden äussersten, gewöhnlich vor beiden Seiten des Stützblatts stehenden, Knospenschuppen nennt man Vorblätter, die Anordnung der folgenden findet in gleicher Weise wie bei den Laubblättern statt, in welche sie auch in ihrer Gestaltung allmälig übergehen, wie Fig. 125 zeigt. Die Anordnung der jungen Blätter in der Knospe erkennt man am besten, wenn man letztere der Quere nach durchschneidet; man hat dabei 1) ihre gegenseitige Lage oder Deckung, Knospendeckung (Praefoliatio) und 2) die Knospenlage (Vernatio) jedes einzelnen Blattes zu berücksichtigen.

Fig. 125.



Fig. 125. Uebergang der Knospenschuppen in Laubblätter (Prunus Arium).

§. 51. Die Knospendeckung (Praefoliatio) wird lediglich von ihrer Stellung bedingt; so heisst dieselbe: übergreifend (P. equitativa), wenn sich die Blattränder gegenseitig

decken, wie bei den Gräsern (Fig. 126); klappig (P. valvativa, Fig. 127); einwärts geschlagen (induplicativa, Fig. 128), auswärts geschlagen (reduplicativa, Fig. 129), dachziegelig (imbricata), wenn die Ränder der äusseren Blätter die der inneren decken; fünfschichtig (quincuncialis, Fig. 130), wenn, wie bei Oxalis, beim Kelch der Rose etc., fünf

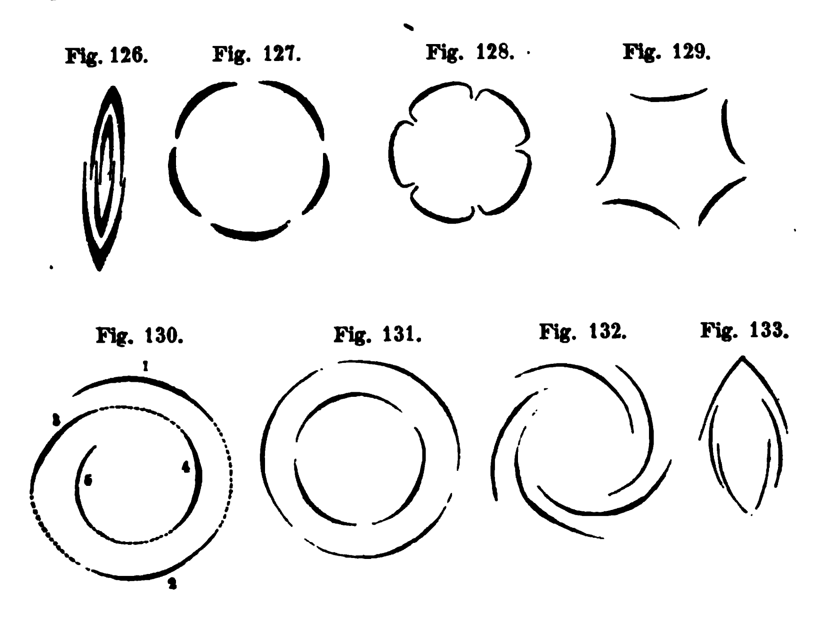


Fig. 126. Fig. 127. Fig. 128. Fig. 129.
Fig. 130. Fig. 131. Fig. 132. Fig. 133.

Blätter so liegen, dass zwischen zwei äusseren unbedeckten und zwei inneren bedeckten ein Blatt (Nr. 3) so eingeschoben ist, dass der eine Rand über das eine der inneren Blätter übergreift, während der andere Rand von einem der äusseren freien gedeckt wird; abwechselnd (alternativa), wenn, wie bei der Tulpe, regelmässig zwei Blattkreise abwechseln und einander bedecken (Fig. 131); gedreht (contorta, Fig. 132), wie bei Malva, Convolvulus etc., zerknittert (corrugativa), wie in der Knospe des Mohns; fahnenförmig (vexillaris, Fig. 133), wie bei den Papilionaceen, wo das grösste Blatt (Vexillum) die anderen deckt etc.

Bei der Knospenlage des einzelnen Blattes (Vernatio) kommen folgende Fälle in Betracht: flach (plana) ist sie bei den Nadelbäumen, gefaltet (duplicativa), mehrfach gefaltet (plicativa), z. B. bei der Buche, Fig. 134; eingerollt und zurückgerollt (involutiva, revolutiva,

Fig. 128. 129), zusammengerollt (convolutiva, Fig. 135) etc. Eine den Farnkräutern eigenthümliche Vernation ist die schneckenförmige (V. circinalis), bei welcher die Wedel von der Spitze gegen die Basis hin eingerollt sind.

Fig. 134. Fig. 135.

Eine eigenthümliche Knospenform ist die der Blattknospen von Pinus; dieselben bestehen aus einer cylindrischen Achse, welche dicht mit zahlreichen, trockenhäutigen Schuppen (den primären Blättern) bekleidet ist; in den Winkeln dieser letzteren entstehen die von einer zarten membranösen Scheide umgebenen Nebenknospen, aus welchen die Nadelblätter (secundäre Blätter) hervorgehen, aber erst nach Verlängerung der Achse selbst. Die Basis der primären Blätter bildet die Scheide am Grunde der Nadelblätter.

Viertes Kapitel.

Die Blätter (Folia).

Die Blätter sind die Seitenorgane des Stengels oder Stammes, welchen wir als centrales oder Achsenorgan der Pflanze kennen gelernt haben; während an letzterem die Spitze stets den jüngsten Theil repräsentirt, ist dies bei den Blättern umgekehrt; denn bei diesen entsteht die Spitze zuerst, und erst nachher bildet sich der übrige Theil des Blattes, so dass also hier die Basis den jüngsten Theil darstellt.

Nach ihrer Stellung und Bestimmung können verschiedene Arten von Blättern unterschieden werden, wie z. B. Keimblätter oder Samenlappen, welche bei dem Keime besprochen werden, Deckblätter, von welchen wir die an den Knospen auftretenden Deckschuppen schon im vorigen Kapitel kennen lernten, während die Blüthendeckblätter mit den übrigen zur Blüthe gehörigen Blattorganen abzuhandeln sind; wir haben uns hier zunächst mit den Laubblättern, den peripherischen Organen der Pflanze, zu beschäftigen, die in sehr mannichfacher Weise, aber immer nach bestimmten Gesetzen am Stengel vertheilt sind, welche letztere die Lehre von der Blattstellung (Phyllotaxis) zur Anschauung bringen.

Die Stellung der Blätter kann entweder eine mehr regelmässige sein, indem zwei oder mehrere einander gegenüber

auf gleicher Höhe (Fig. 136) oder zu einem Quirl angeordnet stehen, wie bei dem Waldmeister; oder eine scheinbar unregelmässige, wenn einzelne Blätter auf verschiedener Höhe am Stengel stehen, wie bei wechselständiger (Fig. 137) oder zerstreuter Anordnung; so regellos aber in letzterem Fall die Anordnung erscheint, so beruht dieselbe dennoch auf bestimmten Gesetzen, wie eine eingehendere Prüfung lehrt.

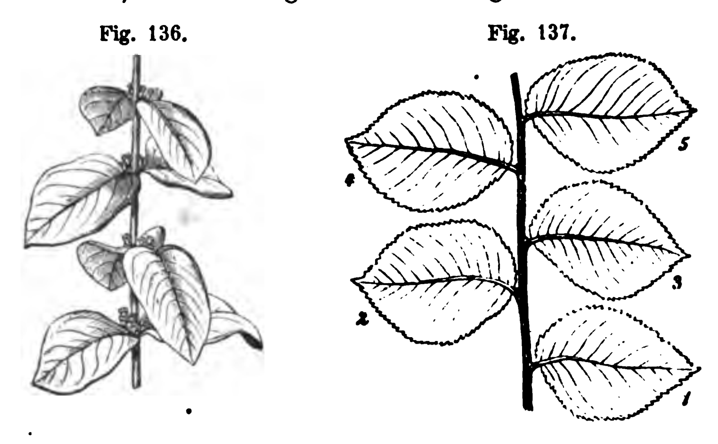


Fig. 136. Fig. 137.

Verfolgt man die einzelnstehenden Blätter ihrer Reihenfolge nach am Stengel aufwärts, so bemerkt man, dass ihre Ansätze in gleichweiter Entfernung von einander spiralig um den Stengel angeordnet sind; der Abstand zweier auf einander in der Spirale folgenden Blätter ist immer der gleiche und wird als Divergenz der Blätter bezeichnet, während die Entfernung derselben in senkrechter Richtung, von der grösseren oder geringeren Streckung der betreffenden Stengelglieder abhängig, keine constante ist. Dasjenige Blatt, welches senkrecht über jenem steht, von welchem man bei Beschreibung der Spirale um den Stengel ausgegangen ist, beginnt wieder einen gleichen Umgang, bei welchem das zweite Blatt senkrecht über dem zweiten des ersten Umgangs, das dritte über dem dritten, und so fort angeheftet erscheint; jeden solchen Umgang von einem Blatte in der Spirale bis zu dem nächsten senkrecht darüber stehenden nennt man einen Cyclus oder Blattwirbel; unter normalen Verhältnissen enthält jeder Cyclus in gleichen Abständen die gleiche Anzahl von Blättern und man nennt die senkrechten Abstände zwischen den correspondirenden Blättern Blattzeilen oder Orthostichi; jeder Cyclus enthält sonach eben so viele Blattzeilen als er Blätter zählt.

§. 53. Man ist nun übereingekommen, die Blattstellung durch einen Bruch auszudrücken, in welchem der Nenner die Zahl der den Cyclus bildenden Blätter und zugleich der Blattzeilen, der Zähler aber die Anzahl der Umgänge angiebt, die der Cyclus um den Stengel beschreibt. Vergleichen wir Fig. 137, so ergiebt sich auf den ersten Blick, dass schon das dritte Blatt über das erste zu stehen kömmt; demnach besteht der Cyclus nur aus zwei Blättern, was durch den Nenner 2 auszudrücken wäre; um von dem Blatte 1 in spiraliger Richtung nach aufwärts zu dem direct über demselben stehenden Blatte (welches also den neuen Cyclus beginnt) zu gelangen, ist ein Umgang um die Achse nöthig, auszudrücken durch den Zähler 1, folglich diese Blattstellung selbst durch $^1/_2$.

Die Schemata Fig. 138 und 139 erläutern die $^1/_3$ und $^2/_5$ Stellung; bei Fig. 138 sehen wir, dass Blatt 4 senkrecht über Blatt 1 einen neuen Cyclus beginnt; es gehören sonach zu dem ersten drei Blätter und die Spirale bildet nur einen Umgang innerhalb eines Cyclus, also $^1/_3$ Stellung. — Bei Fig. 139 finden wir das 6. Blatt senkrecht über dem ersten, die Spirale zieht sich aber vom 1. bis zum 6. Blatt zweimal um den Stengel, also $^2/_5$ Stellung.

Wie die Erfahrung lehrt, sind die normalen Verhältnisse der Blattstellung durch eine Reihe von Brüchen auszudrücken, welche in sofern eine Gesetzmässigkeit zeigen, als immer das folgende Glied sich durch einfache Addition der beiden vorhergehenden ergiebt; wir erhalten so:

$$^1/_2,\ ^1/_3,\ ^2/_5,\ ^3/_8,\ ^5/_{13},\ ^8/_{21},\ ^{13}/_{34},\ ^{34}/_{89}\ \text{etc.}$$

Im Allgemeinen ist hier noch zu bemerken, dass noch höhere Bruchzahlen für die Blattstellung nachgewiesen wurden, dass aber die Anfangsglieder der angegebenen Reihe am häufigsten vorkommen, so z. B. die $^1/_2$ Stellung, wie auch die $^1/_3$ Stellung bei vielen Monocotylen, die $^2/_5$ Stellung bei vielen Dicotylen etc.

Fig. 138. Fig. 139.

Fig. 138 u. 139. Projection der $^1/_3$ und $^2/_5$ Blattstellung.

Der Verlauf der Spirale kann ein rechtsläufiger sein, d. h. von unten links nach oben rechts ziehend, oder umgekehrt ein linksläufiger und gelten hier dieselben Principien, wie bei den windenden Pflanzen (siehe Fig. 123 u. 124); doch ist es dabei oft schwierig, sich zurecht zu finden, welcher Verlauf vorliegt. Noch undeutlicher wird der Verlauf der Spirale bei den büscheligen Blättern

(F. fasciculata), welche gedrängt auf verkürzten Trieben sitzen, wie z. B. bei Berberis, Larix (Fig. 140) und scheinbar aus einem Punkte entspringen; aber dass dies letztere nicht der Fall ist, lässt sich gerade bei der Lärche beweisen, wo bei dem später stattfindenden Auswachsen solcher verkürzten Triebe zu Sprossen die spiralige Anordnung deutlich hervortritt.

§. 54. Bei wirtelständigen Blättern (F. verticillata), Fig. 141, ist die Anordnung am leichtesten zu übersehen; man bezeichnet dieselbe durch einen Bruch, bei welchem der Nenner die Anzahl der Blätter in einem Wirtel angiebt, während der Zähler stets durch 1 ausgedrückt wird; so bezeichnet man zweiblätterige Wirtel, paarige oder gegenüberstehende Blätter (folia opposita, Fig. 136) durch $^1/_2$, wie z. B. bei den Labiaten etc., dreiblätterige Wirtel (F. terna), wie bei Wachholder durch $^1/_3$, vierblätterige Wirtel (F. quaterna), wie bei Paris durch $^1/_4$ etc. Uebrigens ist die Anzahl der Blätter eines Wirtels zuweilen auch eine schwankende, wie z. B. bei Galium etc.

Fig. 140.

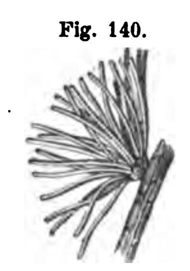


Fig. 140. Blattbüschel von Larix.

Fig. 141.



Fig. 141. Wirtelständige Blätter von Rubia tinctorum.

Diesen ächten Wirteln, deren Glieder genau auf derselben Höhe stehen, sind die sogenannten Scheinquirle gegenüber zu stellen, welche aus Blattwirbeln oder Cyclen bestehen, die nur wegen gestörter oder unterdrückter Entwicklung der Stengelglieder sehr genähert erscheinen. Die auf einander folgenden Wirtel wechseln in der Regel in der Weise mit einander, dass die Blätter des höherstehenden immer mit den Zwischenräumen des vorhergehenden correspondiren; so entstehen bei abwechselnden Blattpaaren die gekreuzten Blätter (F. decussata, Fig. 136), wie bei den Labiaten, wo man dann 4 Blattzeilen erkennt, bei dreiwirbeligen Blättern 6 Blattzeilen etc.

§. 55. Am vollständigst entwickelten Blatt sind zu unterscheiden:

1) Die Blattscheide (Vagina), der untere, verbreiterte Theil des Blattstiels, welcher das Blatt am Stengel befestigt; 2) der Blattstiel (Petiolus) und 3) die Blattfläche oder Blattspreite (Lamina), welcher letztere Theil in der Regel der entwickelteste Theil des Blattes ist. Mitunter fehlt einer oder der andere dieser Theile, wie z. B. bei den Gramineen, welche eine Scheide besitzen, der Blattstiel, bei der Linde die Scheide, während z. B. die Blätter der meisten Umbelliferen alle drei Theile sehr ausgebildet darbieten.

Die Blattscheide (Vagina) umfasst den Stengel rinnen-, röhrenartig oder bauchig (Fig. 142); wo sich dieselbe sehr

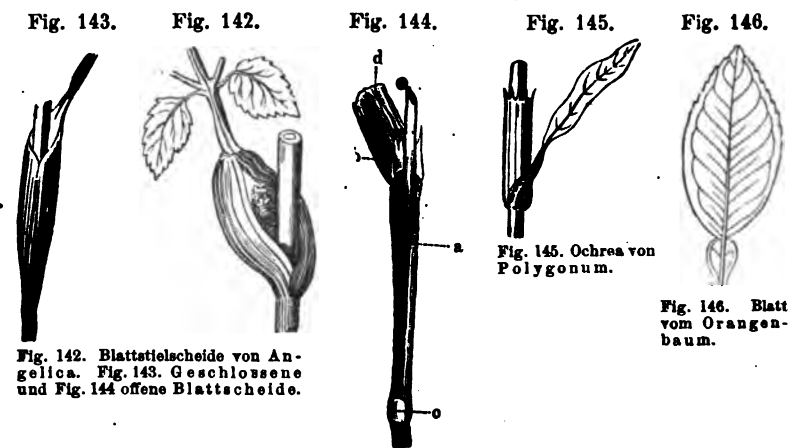


Fig. 143. Fig. 142. Fig. 144. Fig. 145. Fig. 146.

Fig. 142. Blattstielscheide von Angelica. Fig. 143. Geschlossene und Fig. 144 offene Blattscheide.

Fig. 145. Ochrea von Polygonum.

Fig. 146. Blatt vom Orangenbaum.

dicht um den Stengel anlegt, ist sie entweder geschlossen (integra) wie bei den Cyperaceen (Fig. 143) oder gespalten (fissa), wie bei den Gramineen (Fig. 144); bei den letzteren findet sich an der Gränze zwischen dem Scheidentheile und dem Blatte selbst das sogenannte Blatthäutchen (Ligula, Fig. 144b), ein membranöses Anhängsel, welches aus einer Querfaltung der Epidermis entstanden ist; mitunter ist dasselbe schon an sich selbst sehr verschieden in der Form durch Haare ersetzt.

Ist die Blattscheide geschlossen und trägt sie das Blatt nicht an der Spitze, sondern am Rücken, so nennt man dieselbe Tute (Ochrea) und ist dieselbe namentlich für die Familie der Polygoneen charakteristisch (Fig. 145).

Der Blattstiel (Petiolus) ist nicht immer vorhanden und unterscheidet man deshalb gestielte Blätter (F. petiolata) und sitzende (F. sessilia); hinsichtlich der Form kann derselbe walzenförmig (cylindricus), halbwalzenförmig (subcylindricus), rinnenförmig (canaliculatus) oder flach (di-

latatus) sein; ist er seitlich mit blattartigen Streifen besetzt, wie bei der Orange (Fig. 146), so heisst er geflügelt (alatus); laufen diese Streifen über die Ansatzstelle des Blattes am Stengel herab, so ist das Blatt ein herablaufendes (Folium decurrens), wie Fig 147 zeigt und der Stengel heisst dann geflügelt (alatus), wie z. B. bei Symphytum, Verbascum etc.

Bei gewissen Acacien-Arten Neuhollands tritt der Fall ein, dass in den ersten Jahren die Fiederblätter von einem blattartig verbreiterten Blattstiele getragen werden, welcher in den späteren Jahren, wo die Fiederblättchen nicht mehr ausgebildet werden, dann allein das Blatt ersetzt; man nennt einen solchen Blattstiel, welcher meist eine derbere Consistenz und eine verticale Stellung besitzt, Blattstielblatt (Phyllodium) Fig. 148a u. b.

Fig. 147. Fig. 148.



Fig. 147. Herablaufendes Blatt von Symphytum.

Fig. 148. Phyllodium von Acacia Melanoxylum.

§. 56. Nebenblätter (Stipulae) sind blattartige Anhängsel, welche zu beiden Seiten am Grunde des Blattstiels festsitzen und wohl nur als eine Verbreiterung oder höhere Ausbildung des Vaginaltheiles des Blattes zu betrachten; dieselben sind zuweilen mit dem Blattstiel verwachsen und heissen dann angewachsen (adnatae, Fig. 149); oder mit ihren Rändern, in welchem Falle sie als verwachsen (connatae, Fig. 150) bezeichnet werden; auch die Nebenblätter können am Stengel herablaufen und denselben zu einem geflügelten machen. In der Regel sind sie kleiner als die eigentlichen Blätter, doch kömmt

auch mitunter das Gegentheil vor; bei Lathyrus Aphaca (Fig. 151) entwickeln sich an den oberen Blättern nur die Nebenblätter, während das Blatt in eine Ranke umgewandelt wird; bei der Stachelbeere, bei Robinia etc. werden die Nebenblätter dornartig; abfällig und zwar schon während der Entfaltung der Blätter sind sie bei den Eichen, Buchen etc., wo man sie auch als Ausschlagschuppen (Ramenta) bezeichnet. Einige

Fig. 149.



Fig. 149. Nebenblätter der Rose.

Fig. 150.



Fig. 150. Nebenblätter der Erbse.

Fig. 151.



Fig. 151. Blattranke.

rechnen auch die Ligula der Gramineen zu den Nebenblättern, welche im Allgemeinen eine sehr verschiedene Form zeigen und wie die Blätter beschrieben werden.

§. 57. Die Blattspreite (Lamina) ist in der Regel der Haupttheil eines normalen Blattes und kann die manchfaltigsten Formen annehmen; zeigt dieselbe keine Einschnitte etc., sondern bildet sie eine ungetheilte Fläche, so nennt man das Blatt einfach (F. simplex); besteht es aus mehreren zusammenhängenden Theilen, so nennt man dasselbe getheilt (partitum), wenn die einzelnen Abschnitte bis zur Basis frei sind; gespalten (fissum), wenn die Einschnitte nur bis zur Mitte des Blattes reichen und gelappt (lobatum), wenn sie nicht bis zur Mitte vor-

dringen; hier haben auch die einzelnen Blätter trotz der Einschnitte nur einen gemeinsamen Blattstiel; trägt der Blattstiel aber mehrere durch besondere Stielchen (Petioli) oder durch Gelenke mit ihm verbundene Blattflächen, so ist das Blatt ein zusammengesetztes (F. compositum), wie z. B. die gefiederten Blätter der Acacie etc.

§. 58. Nach dem Umfang können die einfachen oder zusammengesetzten Blätter sehr verschiedene Formen zeigen, wie kreisrund (F. orbiculare), bei gleicher Länge und Breite, wie bei der rundblätterigen Malve (Fig. 152); rundlich (subrotundum, Fig. 153), elliptisch (ellipticum, Fig. 154), eiförmig (ovatum, Fig. 155), verkehrt eiförmig (obovatum, Fig. 156), linienförmig*) (lineare, Fig. 157), pfriem-

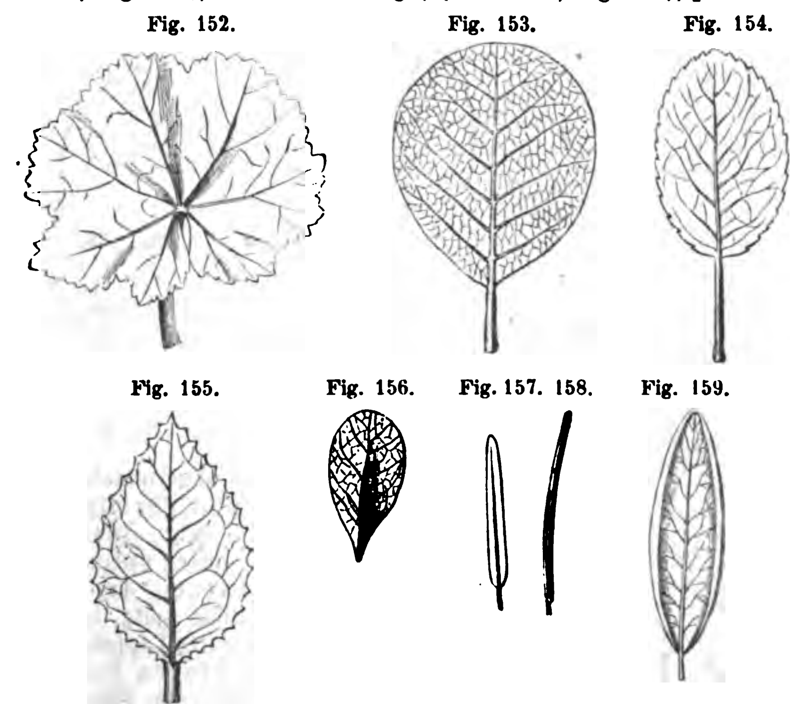


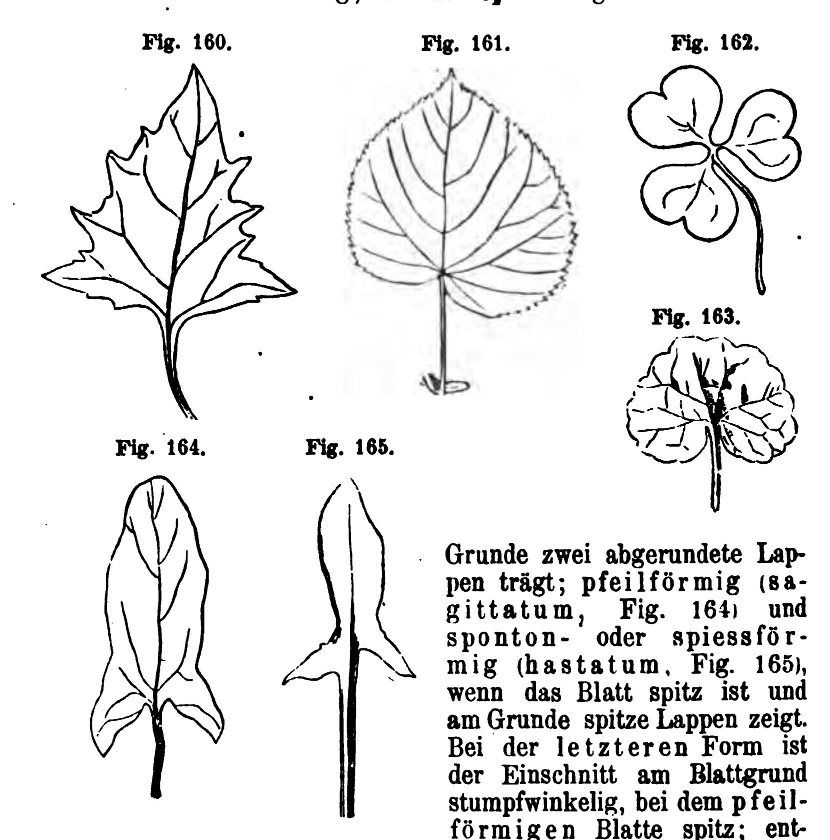
Fig. 152—171. Verschiedene Blattformen.

lich (subulatum, Fig. 158), lanzettförmig (lanceolatum, Fig. 159); ferner giebt es dreieckige (triangularia, Fig. 160),

*) Die steifen linienförmigen Blätter der Coniferen werden Nadeln (F. acerosa) genannt.

herzförmige (cordata, Fig. 161), verkehrt herzförmige (obcordata, Fig. 162), rhombenförmige (rhomboidea) und anders geformte Blätter, deren nähere Bezeichnung sich von selbst ergiebt.

Nach der Basis dės Blattes, d. h. nach der Form des Theils der Blattspreite, womit sie am Blattstiele befestigt ist, nennt man dasselbe verschmälert (basi attenuatum) wenn der Grund verlängert ist, gerundet (basi rotundatum) wenn derselbe abgerundet ist, nierenförmig (reniforme), Fig. 163, wenn das Blatt breiter als lang, an der Spitze abgerundet und am


Fig. 160. Fig. 161. Fig. 162. Fig. 163. Fig. 164. Fig. 165.

Grunde zwei abgerundete Lappen trägt; pfeilförmig (sagittatum, Fig. 164) und sponton- oder spiessförmig (hastatum, Fig. 165), wenn das Blatt spitz ist und am Grunde spitze Lappen zeigt. Bei der letzteren Form ist der Einschnitt am Blattgrund stumpfwinkelig, bei dem pfeilförmigen Blatte spitz; entspringt der Stiel in Mitte des Blattes, wie Fig. 166, so nennt man dasselbe schildförmig (peltatum), wie bei Tropaeolum etc.; endlich kann noch das Blatt spatelförmig (spathulatum, Fig. 167) oder keilförmig (cuneatum, Fig. 168) sein.

Sitzende Blätter (Folia sessilia) heissen, je nachdem sie mit ihrer Basis den Stengel ganz oder nicht vollständig umfassen, stengelumfassend (amplexicaulia, Fig. 169) oder halbstengelumfassend (semiamplexicaulia); wenn die Lappen um den Stengel herum verwachsen sind, so nennt man das Blatt durchwachsen (perfoliatum, Fig. 170); davon verschieden ist das verwachsene Blatt (connatum, Fig. 171), hervorgegangen aus der Verwachsung gegenständiger Blätter.

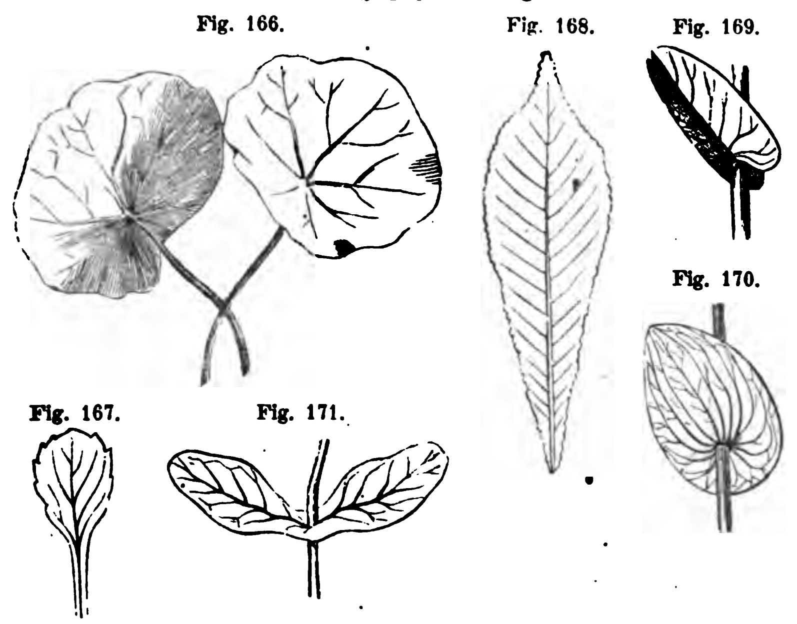


Fig. 166. Fig. 168. Fig. 169. Fig. 170. Fig. 167. Fig. 171.

Nach der Gestalt der Spitze des Blattes nennt man dasselbe spitz (acutum, Fig. 155), zugespitzt (acuminatum), fein gespitzt (cuspidatum), stachelspitzig (mucronatum), stumpf (obtusum, Fig. 169), abgestumpft (truncatum). wenn es vorne gerade abgeschnitten, oder ausgerandet (emarginatum), wenn es vorne einen spitzwinkeligen Einschnitt zeigt etc.

§. 59. In Bezug auf den Rand (Margo) ist das Blatt: Ganzrandig (integerrimum, Fig. 153); gekerbt (crenatum, Fig. 163), mit spitzen Buchten zwischen stumpfen Läppchen; gesägt (serratum, Fig. 154), mit spitzen Buchten zwischen spitzen Läppchen, welche gegen die Blattspitze gerichtet sind; doppelt gesägt (duplicato-serratum), ungleich gesägt etc.; gezähnt (dentatum, Fig. 155), mit stumpfen Buch-

ten zwischen spitzen Ecken; geschweift (repandum), mit stumpfen Buchten zwischen stumpfen Läppchen; durch Haare gewimpert (ciliatum, Fig. 172); dornig (spinosum, Fig. 173); rauh oder scharf (scabrum), wenn der Rand kleine, aber derbe Spitzchen hat, etc.

Die Gestalt der Blätter ist in sehr vielen Fällen abhängig von dem Verlauf der sogenannten Blattrippen oder Blattnerven (Nervatur des Blattes). Am häufigsten befindet sich in der Mitte des Blattes als Fortsetzung des Blattstiels ein starker Haupt- oder Mittelnerv (Costa media), von welchem aus Seitennerven entspringen, die wieder sich feiner verästelnd, sehr verschiedene feine Adergeflechte bilden; diese feinen Verästelungen hat man als Venen (Venae) bezeichnet.

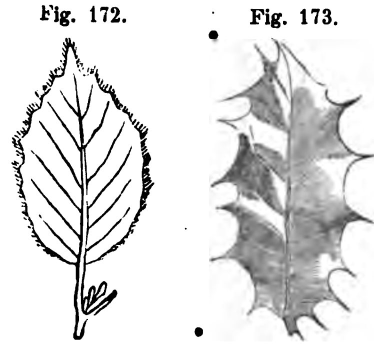


Fig. 172. 173. Formen des Blattrandes.

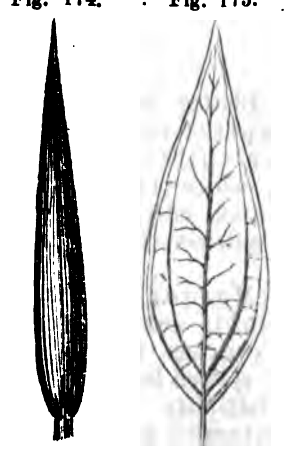


Fig. 174—177. Nervatur der Blätter.

Die wichtigsten Formen der Nervatur der Blätter sind folgende:

1) Parallelnervige Blätter (F. parallelinervia) finden sich hauptsächlich bei den Monocotylen wie den Gräsern etc. und die Nerven derselben sind immer einfach, nicht verzweigt, entweder gerade neben einander der Länge des Blattes nach verlaufend, wie Fig. 174 zeigt, oder auch im Bogen gegen die Spitze convergirend (curvinervia), wie z. B. bei Veratrum.

2) Fiedernervige Blätter (F. pinnatinervia), bei welchen von dem Mittelnerv aus die Seitennerven der ganzen Länge nach entspringen und mit ersterem mehr oder weniger stumpfe Winkel bilden, wie bei Fig. 153.

3) Grundnervige Blätter (F. basinervia), wenn die Seitennerven aus der Basis entspringen und mit dem Mittelnerv spitze Winkel bilden, wie bei Fig. 175; nach der Zahl der Seitennerven unterscheidet man hier 3-, 5nervige Blätter (F. tri-, quinquenervia).

4) Handnervige Blätter

(F. palmatinervia), bei welchen sich der Hauptnerv beim Eintritt in das Blatt in viele Aeste theilt, wie bei Fig. 176 u. 187; Modificationen dieser Form sind das fussnervige Blatt (F. pedatinerve, Fig. 177 und 188) und das schildförmig genervte Blatt (F. peltinerve, Fig. 166).

Fig. 176.



Fig. 176. Handnerviges Blatt.

Fig. 177.

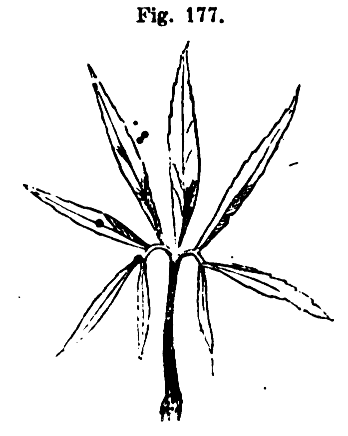


Fig. 177. Fussnerviges Blatt.

Wenn auch im Allgemeinen die Blätter der Monocotylen parallelnervig sind, so bilden doch z. B. die Smilaceen eine Ausnahme, indem bei diesen auch ein deutliches Adernetz zwischen den parallelen Nerven zu erkennen ist; anderen Theils giebt es auch Dicotylen, welche parallelnervige Blätter besitzen, wie z. B. Orobus-Arten etc.

§. 60. Wir haben bereits oben §. 57 von dem einfachen Blatt gesprochen, bei welchem eine grosse Reihe von Modificationen vorkömmt; noch grössere Mannichfaltigkeit der Theilung zeigt sich jedoch bei den zusammengesetzten Blättern (Folia composita), bei welchen die Blattfläche in mehrere getrennte Abtheilungen zerfällt, welche durch besondere Stielchen (petioli) oder durch Gelenke am Blattstiele befestigt sind, welcher in diesem Falle auch als Blattspindel (Rhachis, Petiolus communis) bezeichnet wird, während man die einzelnen Blättchen Theilblättchen (Foliola) nennt. Nach dem Grade der Zusammensetzung unterscheidet man noch einfach, doppelt, mehrfach zusammengesetzte Blätter (F. supradecomposita), wobei namentlich auf die Berippung des Blattes Rücksicht genommen wird. Die einfachste Form des zusammengesetzten Blattes findet sich bei der Orange, wo ein einfaches Blatt auf dem gegliederten, geflügelten Blattstiel aufsitzt (Fig. 146).

Als Hauptformen des zusammengesetzten Blattes ist das finger- oder handförmige Blatt (F. digitatum s. palmatum) und das gefiederte Blatt (F. pinnatum) zu nennen.

Bei ersterem stehen mehrere Blättchen an der Spitze des Blattstieles, wie z. B drei bei dem Klee (Fig. 178), wo man das

Fig. 178.



Fig. 178. Dreizähliges Blatt des Klees.

Fig. 179.



Fig. 179. Handartiges Blatt von Aesculus.

Fig. 180.



Fig. 180. Mehrfach dreizähliges Blatt.

Fig. 181.



Fig. 181. Paarig gefiedertes Blatt.

Fig. 182.

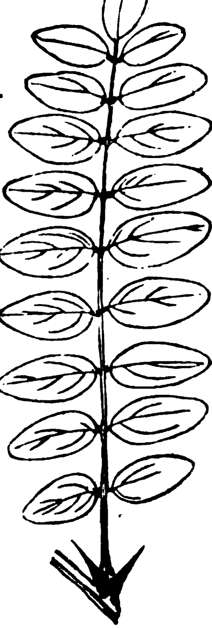


Fig. 182. Unpaarig gefiedertes Blatt.

Blatt dreizählig (F. ternatum) nennt, oder fünf (F. quinatum) oder sieben (F. septenatum, wie bei der Rosskastanie, Fig. 179); wiederholt dreizählige Blätter, wie Fig. 180, nennt man doppeltdreizählig (F. biternatum). Das gefiederte Blatt wird als paarig gefiedert (F. pari pinnatum) bezeichnet, wenn die Blättchen sich paarig gegenüberstehen (dann auch Joche, Juga genannt), wie bei Fig. 181, dagegen unpaarig (F. impari pinnatum), wenn die Blattspindel an ihrer Spitze ein einzelnes Blättchen trägt, wie Fig. 182; sind die Fiederblättchen abwechselnd grösser oder kleiner, wie bei Solanum tuberosum, so heisst das Blatt

unterbrochen gefiedert, (F. interrupte pinnatum) (Fig. 183); stehen die Joche nicht auf gleicher Höhe einander gegenüber, so ist das Blatt abwechselnd gefiedert (F. alterne pinnatum, Fig. 184). Die Anzahl der Blättchen oder Joche wird bei genauen Pflanzenbeschreibungen, besonders wo dieselbe eine constante ist, speciell angegeben.

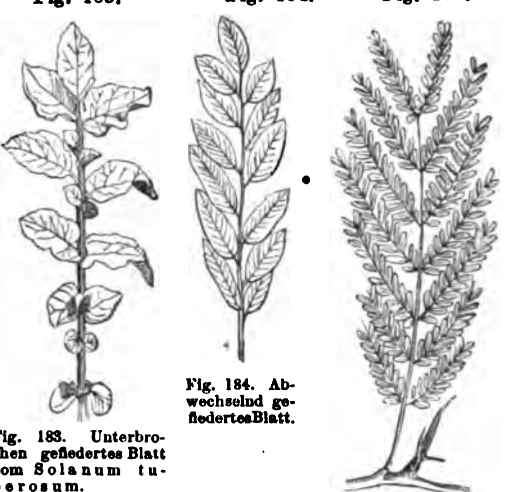


Fig. 183. Unterbrochen gefiedertes Blatt vom Solanum tuberosum.

Fig. 184. Abwechselnd gefiedertesBlatt.

Fig. 185. Doppelt gefiedertes Blatt.

Die mehrfach zusammengesetzten Blätter werden nach der Art ihrer Zusammensetzung benannt; so kennt man doppelt gefiederte (F. bipinnata, Fig. 185), dreifach gefiederte (F. tripinnata, Eig. 186) etc. und hier nennt man die Abtheilung der ersten Ordnung Fiedern (Pinnae), die Theilblättchen selbst Fiederchen (Pinnulae).

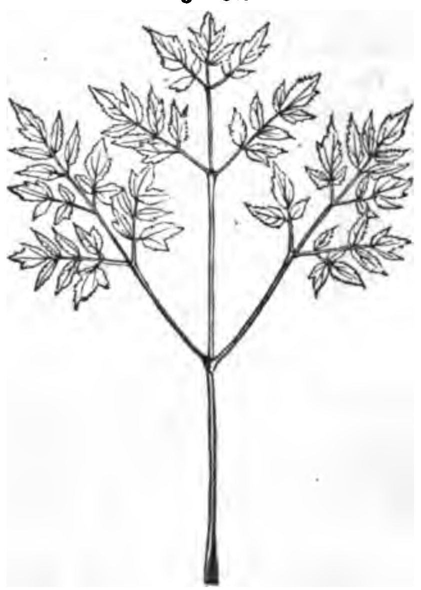


Fig. 186. Dreifach gefiedertes Blatt.

Das Blatt ist in den meisten Fällen durch die Mittelrippe in zwei gleiche Hälften getheilt und dann symmetrisch, oder in ungleiche Hälften (Fig. 161) und dann unsymmetrisch, wie dies meist bei den Fiederblättchen der Fall ist; mitunter finden sich auch an einer und derselben Pflanze verschieden geformte Blätter, wie z. B. bei Sassafras officinale einfaçhe und dreilappige und man nennt solche

Pflanzen verschieden-blätterige (Plantae heterophyllae.) Sehr gewöhnlich ist dieses Verhältniss bei Pflanzen, welche im Wasser wachsen, wo die untergetauchten Blätter (F. submersa) oft in viele feine Zipfel getheilt erscheinen, während die über dem Wasser befindlichen ganz sind (Fig. 189.)*)

Fig. 187. Fig. 188. Fig. 189.

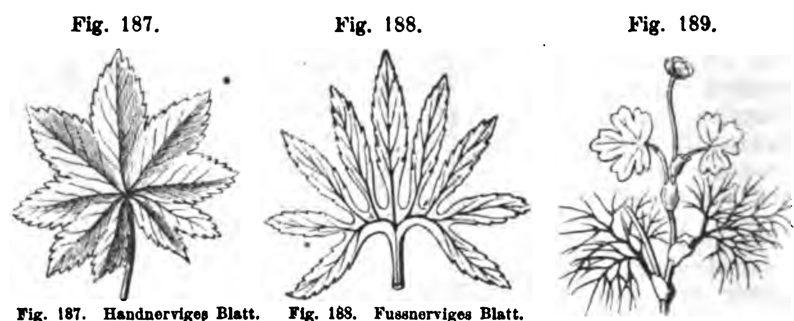


Fig. 187. Handnerviges Blatt. Fig. 188. Fussnerviges Blatt. Fig. 189. Verschiedenblättrige Pflanze (Ranunculus aquatilis).

Die Blattfläche ist in der Regel flächenartig ausgebreitet, doch kommen auch noch andere Formen vor, wie z. B. stielrunde Blätter (F. teretia, Fig. 190), wie bei mehreren Sedum-Arten etc., fadenförmige (F. filiformia, wie Fig. 189), röhrige (F. fistulosa), wie bei Allium Schönoprassum, aufgeblasene (F. inflata), wie bei der Zwiebel, nadelförmige (F. acerosa), wie bei Pinus, etc. Mitunter zeigt sich auch die Blattfläche mehr oder weniger regelmässig, wie bei Ouvirandra, oder unregelmässig, wie bei gewissen Aroideen, namentlich bei Tornelia, durchlöchert.

Fig. 190.

Fig. 190. Stielrunde Blätter.

Hierher gehören noch die eigenthümlichen Umbildungen gewisser Blatttheile, wie der Blattschlauch (Ascidium) und die Blasen (Ampullae); erstere finden sich bei Nepenthes, Saracinia und scheinen aus dem Blattstiel hervorgegangen zu sein, welcher sich verbreitert und zu einem sackförmigen Schlauch umwandelt, welcher meist eine wässerige Flüssigkeit enthält und durch einen der Blattspreite entsprechenden Deckel

*) Sehr häufig findet man auch die grundständigen Blätter anders geformt, als die Stengelblätter.

locker geschlossen wird. (Fig. 191). Die Blasen sind lufthaltige, aufgeblasene Behälter mit verschliessbarer Oeffnung, welche z. B. bei dem Schlauchkraute (Fig. 192) an den vielfach getheilten, linienförmigen Blattabschnitten sitzen.

§. 62. Bereits oben haben wir erwähnt, dass die Blätter meist flächenartig ausgebreitete Seitenorgane der Achse sind, welche sich schon durch die abweichende Entwicklung von der Achse unterscheiden und welche als Ernährungsorgane zu betrachten sind, wie wir in dem physiologischen Theile erörtern werden. Sie bilden in der Regel die Stütze für eine Knospe, einen Zweig oder Ast, und werden dann Laubblätter genannt im Gegensatz zu den Bracteen oder Hochblättern, welche sich überhaupt durch ihre Gestalt, Grösse, oft auch durch abweichende Consistenz und Farbe von jenen unterscheiden und stets nur die Blüthe stützen.

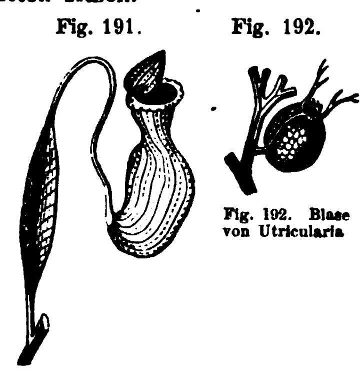


Fig. 191. Fig. 192.

Fig. 191. Blattschlauch von Nepenthes.

Fig. 192. Blase von Utricularia

Das Blatt entsteht als kleine zellige Warze, welche allmälig aus der Achse hervortritt und seine Fläche entfaltet; zugleich bildet sich an der Ansatzstelle des Blattes, hervorgehend aus dem Gefässbündelsystem des Stammes, eine Abzweigung von Gefässbündeln — die sogenannte Schlinge, aus welcher das Blatt mit Gefässen, den Blattnerven, versehen wird. Bleiben diese in das Blatt übergehenden Gefässe noch vereinigt, nachdem sie aus der Achse hervorgetreten sind, so wird das Blatt ein länger oder kürzer gestieltes (Folium petiolatum); breiten sie sich sofort aus — ein sitzendes (F. sessile); der Blattstiel ist somit nur der verschmälerte untere Theil des Blattes und charakterisirt sich schon durch seine in der Regel mehr oder weniger deutlich dreiseitige Gestalt, deren obere Fläche die breiteste ist.

Die Blattfläche entsteht durch die Ausbreitung der Gefässbündel und deren Verzweigung in für gewisse Pflanzengenera eigenthümlicher, fest bestimmter Form und Anordnung, während sich zugleich in den Zwischenräumen des Gefässnetzes das Blattparenchym ausbildet; in dem Gefässbündelsystem des Blattes überwiegen gegen die Basis hin Bastzellen, gegen die Spitze hin Spiralgefässe, was als weiterer Beweis dafür gilt, dass die Basis der jüngere Theil des Blattes ist.

Die Oberfläche der Blätter wird von der Oberhaut — Epidermis (Fig 56a—57) gebildet, deren Zellen farblos und

je nach ihrer Beschaffenheit die Oberhaut glatt, uneben, rauh, behaart etc. erscheinen lassen; die Anhangsgebilde der Oberhaut haben wir bereits p. 33 erwähnt.

Fig. 193.

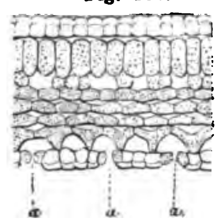


Fig. 193. Senkr. Schnitt auf die Blattfläche eines monokotylen Blattes.

Zwischen den beiden Blattflächen liegt die sogenannte Mittelschicht (Mesophyllum, Diploë), bestehend aus chlorophyllhaltigen, deshalb grün gefärbten Parenchymzellen, welche in der Regel zwei Schichten erkennen lassen, von welchen die gegen die Oberfläche des Blattes hin gerichtete dichter erscheint und aus senkrecht in der Richtung der Blattfläche gestreckten Zellen besteht (Fig. 193), während die untere Schicht des Mesophylls mehr ein schwammiges, von zahlreichen, unter sich in Verbindung stehenden, Luftlücken unterbrochenes Parenchym darstellt. Letztere Lücken, die sogenannten Athemhöhlen, haben wir bereits Fig. 57 abgebildet; sie entstehen durch das Auseinandertreten der Zellen zugleich mit den Spaltöffnungen und stehen durch die letzteren in Verbindung mit der athmosphärischen Luft.

Wie wir bereits oben angedeutet, finden sich die Spaltöffnungen in der Regel auf der oberen Fläche spärlicher oder sie fehlen ganz, wie bei unseren meisten Laubhölzern; ebenso sind gewöhnlich die Haare auf der Unterseite der Blätter mehr als auf der oberen, und zwar namentlich auf den Nerven, entwickelt, wie z. B. bei Digitalis, den meisten Labiaten, während bei letzteren zwischen den Sternhaaren drüsige Oelzellen hervortreten (Fig. 194), die wieder bei anderen Pflanzen, wie z. B. den Aurantiaceen, Myrtaceen etc., in die obere Schicht des Mesophylls eingesenkt erscheinen (Fig. 195).

Fig. 194.

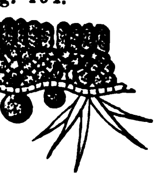


Fig. 194. Oberhaut der unteren Fläche eines Labiaten-Blattes mit den zunächstliegenden Metaphyllzellen und den Oeldrüsen zwischen den Sternhaaren.

Fig. 195.

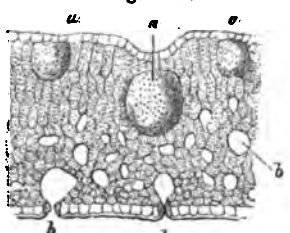


Fig. 195. Blatt einer Aurantiacee im Durchschnitt. a) eingesenkte Oeldrüse. b) Luftlücken der Unterfläche.

Fig. 196.

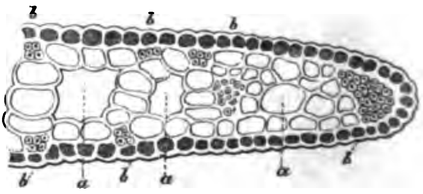


Fig. 196. Durchschnitt eines Blattes der Zostera.

Die Blätter von Wasserpflanzen enthalten ebenso wie die Rhizome derselben in ihrem Zellgewebe meist grössere Luftlücken (Fig. 196a).

Die aus Metamorphosen der Laubblätter hervorgegangenen Blattgebilde zeigen im Wesentlichen grosse Analogie hinsichtlich ihres anatomischen Baues mit jenem der Laubblätter und namentlich sind diejenigen, welche ihre grüne Farbe beibehalten, wie die Kelch- und Fruchtblätter, in der Regel mit Spaltöffnungen versehen.

Fünftes Kapitel.

Die Nebenorgane.

§ 63. Unter der Benennung Neben- oder accessorische Organe fasst man verschiedene Gebilde zusammen, welche als Anhängsel der bereits beschriebenen Organe angetroffen werden und theils aus einer Umwandlung der letzteren selbst hervorgegangen, theils eigenthümliche Bildungen der Oberhaut (Epidermis) sind und in letzterem Falle keine bestimmte Stellung oder Anordnung zeigen, was dagegen in ersterem Falle nachzuweisen ist.

Fig. 197.

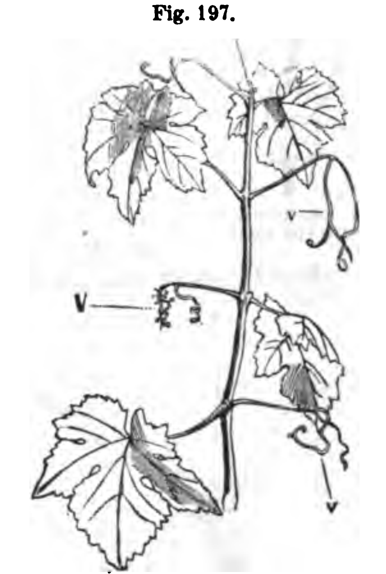


Fig. 197. Ranken des Weins, bei V mit der Traube.

Hierher gehört besonders die Ranke (Cirrhus), ein fadenförmiges Gebilde, welches benachbarte Gegenstände spiralförmig umschlingt und die Pflanze daran befestigt und in die Höhe hebt. Je nachdem sie aus der Umwandlung des Stengels oder des Blattes entstehen, unterscheidet man Stengel- oder Blattranken.

Die Stengelranken gehen aus einer Umbildung von Aesten oder Blüthenstielen hervor, wie z. B. bei den Cucurbitaceen*), bei Passiflora etc.; die Ranken bei Vitis (Fig. 197) sind nach A. Braun die Gipfel des jeweiligen Sprosses, die durch einen folgenden Spross, welcher aus der Achsel des obersten Laubblattes entspringt,

*) Einige Autoren halten die Ranken hier auch für Blattranken.

bei Seite geschoben werden, während sich der neue Spross anscheinend als directe Fortsetzung an die Laubregion des vorausgehenden anschliesst. Die unteren Ranken tragen allein Blüthen, welche aus einer Umbildung der Hauptachse der Ranke entspringen. Die Ranken stehen zweizeilig, aber so, dass stets zwei auf einander folgende mit einander wechseln, während die dritte, dem vierten Blatte gegenüber, auf derselben Seite mit der zweiten steht und dem vierten Blatte gegenüber keine Ranke auftritt. Die Ranken des wilden Weins (Ampelopsis) bilden an den Spitzen polsterartige Haftorgane aus, mit welchen sie sich an rauhen Flächen anheften.

Fig. 198.

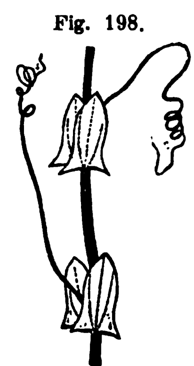


Fig. 198. Blattranke von Lathyrus Aphaca.

Die Blattranken sind das Resultat einer Umwandlung von Blättern und zwar kommt es vor, dass sich nur die Spitze des Blattes oder der Blattspindel, wie oben Fig. 150, in eine Ranke verwandelt, oder das ganze Blatt, wie Fig. 198, während die Nebenblättchen unverändert bleiben.

Andere Nebenorgane sind die Dornen (Spinae) und die Stacheln (Aculei), welche sehr verschiedenen Ursprung haben; von ersteren unterscheidet man Zweigdornen, welche aus einer Verkümmerung eines Zweigs, dessen Spitze dann wie bei der Schlehe (Fig. 199) dornig wird, entstanden sind, oder wenn der ganze Zweig sich zu einem Dorn umgestaltet, wie Fig. 200.

Blattdornen entstehen entweder durch Umwandlung von

Fig. 199.



Fig. 199. Zweigdorn der Schlehe.

Fig. 200.



Fig. 200. Zweigdorn von Gleditschia.

Blättern, wie z. B. bei Berberis, oder es laufen die Blattspitzen, bez. die Spitzen der einzelnen Blattabschnitte, in Dornen

aus, wie bei den Disteln, oder es werden die Nebenblätter in solche verwandelt, wie bei Robinia (Fig. 201); mitunter wird auch die Spitze der Blattspindel zu einem Dorn, wie z. B. bei Astragalus.

Während nun die Dornen fest mit dem Stamm zusammenhängen, sitzt der Stachel in der Regel nur gleich den Haaren auf der Oberhaut fest und kann desshalb wie bei der Rose ohne Verletzung des Zweigs etc. abgelöst werden; die Form dieser Stacheln ist eine sehr verschiedene; gewöhnlich ist die Spitze einfach, zurückgekrümmt (Aculeus recurvatus, wie Fig. 60), oder widerhakig (A. glochidiatus) oder hakig (A. hamatus), wie bei Galium Aparine etc.; zuweilen bilden dieselben auch Büschel (A. fasciculati), wie bei Cactus-Arten etc.

Fig. 201.

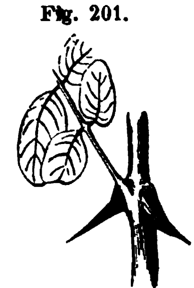


Fig. 201. Nebenblattdornen von Robinia Pseudacacia.

Die gleichfalls zu den appendiculären Organen gehörigen Haare haben wir bereits oben besprochen.

Sechstes Kapitel.

Der Blüthenstand.

§ 64. Als Blüthe (Flos) bezeichnet man diejenigen Organe der Pflanze, welche in der Regel innerhalb eines oder mehrerer Kreise von Blättern die Geschlechtsorgane enthalten und welche aus einer Metamorphose von Blattorganen oder Blattknospen hervorgehen, deren, die Blüthenachse oder den Blüthenboden bildende, Stengelglieder unentwickelt und desshalb dicht gedrängt angeordnet sind. Da aber nicht jede Blüthe absolut sämmtliche Blüthenkreise enthalten muss, so ist überhaupt jedes einzelne Geschlechtsorgan, auch wenn es nicht mit anderen, auf derselben Achse befindlichen, durch Blattorgane vereinigt ist, als Blüthe zu betrachten.

Während die in dem Blattwinkel entstehende Blattknospe später zu einem beblätterten Ast auswächst, in dessen Blattwinkeln wieder Knospen entstehen, und auf diese Weise ein fortwährendes Wachsthum stattfindet, wird die unbegränzte Knospenbildung sofort unterdrückt, wenn statt der Blattknospe eine Blüthe gebildet wird; die Achse bleibt dann unentwickelt und bildet den Blüthenboden (Receptaculum), an welchem die dicht zusammengedrängten Blätter in Wirteln stehen, während

den Mittelpunkt der Blüthe der Fruchtboden mit den Eichen einnimmt, welche nach der Befruchtung zu den die Anlage zur neuen Pflanze einschliessenden Samen ausgebildet werden.

Der unmittelbar die Blüthe tragende Blüthenstiel (Pedunculus) treibt nie Stammblätter und wenn derselbe vollkommen entwickelt ist, nennt man die Blüthen gestielt (Flores pedunculati), ist derselbe in der Entwicklung zurückgeblieben — sitzende Blüthen (Fl. sessiles).

Die Blüthen als metamorphosirte Blattknospen sind in Beziehung auf ihre Stellung ganz denselben Gesetzen unterworfen, wie die letzteren; sie sind daher der Hauptachse gegenüber entweder endständig (Fl. terminales), wenn der Blüthenstiel die Hauptachse abschliesst, oder seitenständig (laterales), wenn er sich wie eine Nebenachse verhält. Geht der Blüthenstiel aus einem unterirdischen Stamme hervor und zwar aus der Achsel eines an diesem vorhandenen Blattes, so nennt man ihn wurzelständig (Pedunculus radicalis), entspringt er aus der Achsel von Laubblättern, so wird er als achselständig (P. axillaris) bezeichnet.

Da, wie wir. bereits oben sagten, die Entstehung der Blüthe die weitere Entwicklung der Achse aufhebt, während die Blattknospe einer unbeschränkten Entwicklung fähig ist, so nennt man die Entwicklung der Achse eine unbegränzte (Evolutio axis indefinita), wenn Haupt- und Nebenachsen mit Blattknospen schliessen; im entgegengesetzten Falle, wenn jene mit Blüthenknospen schliessen, eine begränzte (E. a. definita); finden sich aber beiderlei Knospen, z. B. an der Spitze der Hauptachse Blüthen, an jener der Nebenachsen Blattknospen, oder umgekehrt, so wird dieselbe als gemischte (E. a. mixta) bezeichnet. In der Regel sind es die Nebenstämme oder Aeste, welche zur Blüthe gelangen und nur bei den einmal blühenden Pflanzen trägt der Hauptstamm die Blüthe.

Die Anordnung der Blüthen und der dazu gehörigen Theile an dem einfachen oder dem zusammengesetzten Stamm hinsichtlich ihrer gegenseitigen Stellung, ihrer Aufeinanderfolge in der Entwicklung und ihrer Stützblätter (Hochblätter,*) Bracteen, Bracteae) nennt man einen Blüthenstand (In-

---

*) Mehrere Autoren unterscheiden an der Pflanze 4 Blätterregionen: Die Keimblattregion, welche die Keimblätter und das Knöspchen des Embryos umfasst; die Niederblattregion mit den schuppenartigen Niederblättern der Rhizome; die Laubblattregion mit den grünen Blättern der oberirdischen Achse und die Hochblattregion mit den zwischen der letzteren und den Blüthen auftretenden Deckblättern oder Hochblättern.

florescentia) und bildet derselbe stets eine, besonders durch den Mangel an Laubblättern vom Stamm abgegränzte, Region.

§ 65. Die Deckblätter, Stützblätter oder Bracteen, welche zum Blüthenstande gehören, weichen in der Regel in der Farbe, Form, Consistenz von den übrigen Blättern ab; sie sind nicht überall vorhanden, sondern bleiben unentwickelt, wie z. B. bei der Familie der Cruciferen; zuweilen dauern sie aus und fallen dann mit dem ganzen Blüthenstand ab, wie z. B. bei der Linde; oder sie sind hinfällig (B. caducae), in welchem Falle sie die Blüthe nicht überdauern; bei gewissen Monocotylen, wie z. B. bei Arum, wird das Deckblatt mitunter scheidenartig und wird dann Blüthenscheide (Spatha) genannt; eine solche umgiebt entweder ganze Blüthenstände, wie bei Arum oder nur einzelne Blüthen, wie bei Narcissus, und ist auch oft blumenartig gefärbt, wie bei Calla etc. Sind die Deckblätter um die Blüthe oder den Blüthenstand zu einem Kreis angeordnet, so nennt man dieselben eine Hülle (Involucrum), wie bei den Umbelliferen, und die einzelnen Blätter Phylla; bei zusammengesetzten Blüthenständen, wie namentlich bei letzgenannter Familie, findet sich noch unter den besonderen Blüthenständen, den Döldchen, eine besondere Hülle, welche man dann als Hüllchen (Involucellum) bezeichnet. Die Hülle, welche den gemeinschaftlichen Blüthenboden des Blüthenstandes der Compositen umgiebt, heisst Hüllkelch (Peranthodium, Epicalix) und kann der letztere ein-, zweireihig sein, oder doppelt, wenn die Blätter der beiden Blattreihen ungleich sind, ziegeldachförmig etc. Die Becherhülle (Cupula) der Cupuliferen ist eine Hülle, deren Blätter nach dem Verblühen der Blüthe, welche sie umschliessen, auswachsen und zuweilen mehr oder weniger verschmelzen.

§. 66. Von Blüthenständen haben wir zuerst solche mit einzelnen Blüthen zu betrachten, und können bei solchen die letzteren endständige oder blattwinkelständige sein.

Zu den ersteren (Flores terminales solitarii) gehören solche Blüthenstände, welche den Stamm abschliessen, mit Ausschluss solcher, welche auf einem Schaft oder einem Wurzelblüthenstiel stehen, indem diese als stockständig bezeichnet werden; so beschliesst z. B. bei Paris, bei Adonis etc. die endständige Blüthe den Stamm, mitunter aber auch nur einen Ast, wie z. B. bei Asarum.

Blattwinkelständige Blüthenstände treten aus den Achseln von Blättern hervor; ist dies an unterirdischen Achsen, z. B. am Rhizom von Helleborus niger der Fall, so nennt man die Blüthen wurzeltsändige (Fl. radicales); entspringen sie aus den Achseln oberirdischer Achsen, so sind sie seitenständige

(laterales); wenn die Blätter vor Entwicklung der Blüthen abfallen, oder wenn letztere während der Blüthe noch vorhanden sind, achselständige (axillares); sie kommen hier einzeln vor, wie bei Gratiola etc., oder zu zweien oder wirtelförmig, wie bei Hippurus (Fig. 202); mitunter stehen die achselständigen Blüthen gehäuft (aggregati) in den Achseln gegenüberstehender Blätter, so dass sie sogenannte Scheinwirtel bilden, wie bei Marrubium.

§. 67. Die zusammengesetzten Blüthenstände (auch Blusten, Anthemia, genannt) bilden eine Vereinigung einzelner, von Deckblättern gestützter, häufig auf gemeinsamen, verästelten oder verzweigten Blüthenständen nach bestimmten Gesetzen angeordneten Blüthen; dieselben können wie die einzelnen Blüthen gleichfalls end-, achsel- oder wurzelständig sein.

Fig. 202.

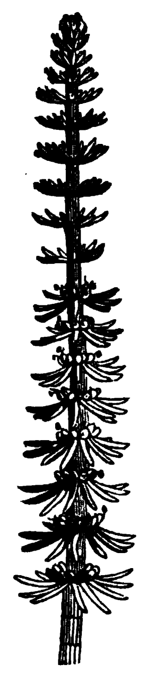


Fig. 202. Wirtelförmiger Blüthenstand von Hippuris.

Man unterscheidet hauptsächlich drei Abtheilungen von Blüthenständen, je nach der Entwicklungsfolge der Blüthen unter, sich und zwar:

1) Centripetale Blüthenstände (Inflorescentia centripeta), auch unbegrenzte genannt, sind solche, bei welchen sich die Blüthen an Haupt- und Nebenachsen von unten nach oben oder von aussen nach innen entfalten, die Hauptachse in der Regel nicht mit einer Blüthe endet und die Blüthenstiele als Seitensprossen sich entwickeln, wie bei der Aehre, Dolde, Traube etc.

2) Centrifugale (begrenzte) Blüthenstände sind solche, welche von oben nach unten oder von innen nach aussen ihre Blüthen entfalten und bei welchen Haupt- und Nebenachsen mit einer Blüthe schliessen, wie z. B. bei der Trugdolde etc.

3) Gemischte Blüthenstände sind solche, bei welchen die Nebenachsen eine andere Blüthenfolge aufweisen, als die Hauptachsen, wie z. B. bei der gemischten Doldentraube der flachblüthigen Compositen (Tanacetum etc.).

§. 68. Die wichtigsten Formen zusammengesetzter Blüthenstände sind:

a) Centripetale:

Die Aehre (Spica) ist ein Blüthenstand, bei welchem die kurz oder ungestielten Blüthchen an einer gemeinschaftlichen Achse dicht gedrängt oder locker befestigt sind, wie Fig. 203; man

nennt die Achse hier Spindel (Rhachis) und die endständige Blattknospe wird hier meist unterdrückt, wie z. B. bei Plantago; seltener wächst sie zu einem Ast aus, wie bei Melaleuca etc. Trägt die dann oft mit zahnartigen Vorsprüngen versehene Spindel selbst einzelne Aehrchen, wie bei vielen Gräsern und Riedgräsern, so nennt man die Aehre eine zusammengesetzte (Fig. 204), bestehend aus zahlreichen Aehrchen (Spiculae); über den Bau der Grasährchen vergleiche man unter der Familie der Gramineen.

Das Kätzchen (Amentum) ist eine Aehre mit dünner, schlaffer Spindel, welche nach dem Verblühen mit abfällt; dieser Blüthenstand ist besonders mehreren unserer Laubhölzer, den Weiden, der Pappel etc., eigen und wird mitunter auch Laubholzkätzchen (Julus) genannt (Fig. 205). Ist dagegen die Spindel straff und trägt bleibende, nach dem Blühen auswachsende Blattorgane, wie bei unseren Nadelhölzern, so heisst dieser Blüthenstand Zapfen (Conus s. Strobilus Fig. 206).

Fig. 203. Fig. 204. Fig. 205. Fig. 206.

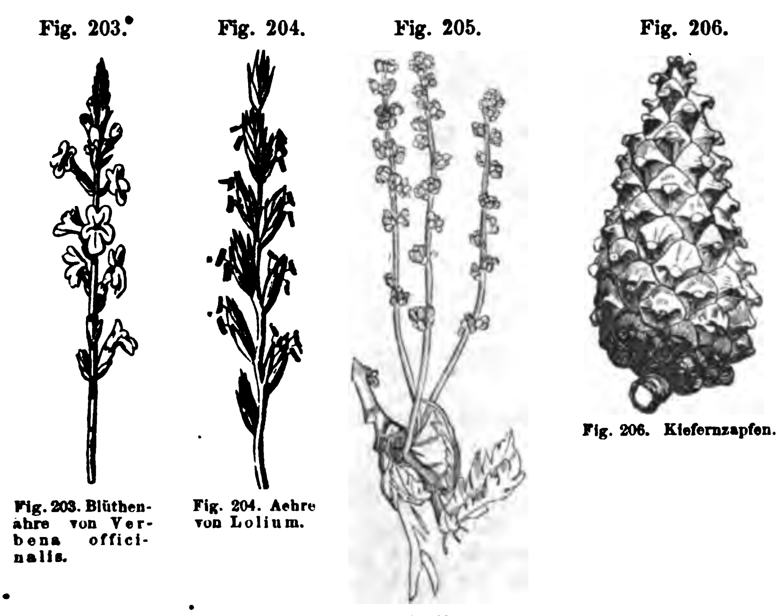


Fig. 203. Blüthenähre von Verbena officinalis.

Fig. 204. Aehre von Lolium.

Fig. 205. Kätzchen der Stieleiche.

Fig. 206. Kiefernzapfen.

Der Kolben (Spadix) ist gleichfalls ein ährenartiger Blüthenstand mit verdickter, fleischiger Spindel, in welche die Blüthen eingesenkt sind; derselbe findet sich fast allgemein bei den

Aroideen und zwar umgeben von einer Scheide (Spatha) (Fig. 207).

Die Traube (Racemus) ist eine Aehre, deren einzelne Blüthchen deutliche, ziemlich gleich lange Stielchen zeigen, welche aber unter sich nahezu gleich lang sind; gewöhnlich sind hier Deckblätter vorhanden, seltener, wie bei den Cruciferen, zur Blüthezeit bereits abgefallen (Fig. 208). Die Doldentraube (Corymbus) ist ein Blüthenstand, an dessen Spindel die Blüthenstielchen von oben nach unten so an Länge zunehmen, dass die Blüthen in einer Ebene stehen, wie Fig. 209 zeigt. Die Rispe (Panicula) ist derjenige Blüthenstand, bei welchem die der Länge nach

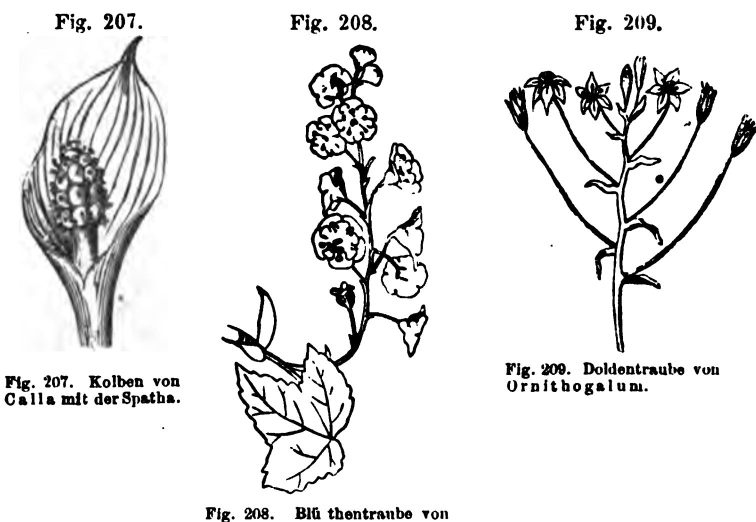


Fig. 207. Fig. 208. Fig. 209.

Fig. 207. Kolben von Calla mit der Spatha.

Fig. 208. Blüthentraube von Ribes rubrum.

Fig. 209. Doldentraube von Ornithogalum.

aus der Spindel entspringenden, verästelten Seitenachsen von oben nach unten an Länge zunehmen, wie bei Aesculus, den Rispengräsern etc. (Fig. 210).

Die Dolde (Umbella) trägt die Blüthenstiele an der Spitze der Spindel so, dass die Blüthen fast in einer Ebene liegen; mitunter sind die Blüthenstiele auch gegen den Rand hin etwas kürzer, in welchem Falle die Dolde gewölbt, oder länger, in welchem sie in der Mitte etwas vertieft erscheint. Die Blüthenstiele werden Strahlen (Radii) genannt und tragen oft an ihrer Spitze kleinere Dolden (Döldchen, Umbellulae), in welchem Falle die Dolde eine zusammengesetzte heisst, wie bei den meisten Umbelliferen (Fig. 211).

Der Blüthenkopf (Capitulum) ist ein Blüthenstand, dessen

Fig. 210.



Fig. 210. Rispe von Alisma.

Fig. 211.



Fig. 211. Umbella composita mit Hülle und Hüllchen.

Achse unentwickelt, aber meist verdickt ist und auf welchem die Blüthchen dicht neben einander angeordnet sind, wie bei Trifolium, Scabiosa (Fig. 212) etc. Die endständige Blattknospe wächst hier mitunter auch aus, wie bei Ananassa (Fig. 213) nach dem Verblühen.

Fig. 212.



Fig. 212. Blüthenköpfchen von Scabiosa im Längsschnitt, jedes Blüthchen mit Kelch versehen, am Grunde eine Hülle (Involucrum).

Das Blüthenkörbchen (Anthodium s. Calathidium) trägt auf einem scheibenförmigen (Fig. 214) oder conischen (Fig. 215) Blüthenboden (Receptaculum commune), dicht gedrängte, von einem gemeinsamen Hüllkelch (Calix comunis, richtiger Peranthodium) umschlosseneBlüthchen, so dass der Blüthenstand wie eine einzige grosse Blüthe erscheint; es ist dies der charakteristische Blüthenstand der Compositen; sind alle Blüthen röhrig, wie bei Arctium, so nennt man das Körbchen scheibenförmig (discoideum s. flosculosum); sind die Randblüthen zungenförmig, die der Mitte (Scheibenblüthen) röhrig, wie bei Matricaria, so ist das Körbchen strahlig (radiatum); sind

Fig. 213.



Fig. 213. Fruchtstand von Ananassa sativa.

Fig. 214.

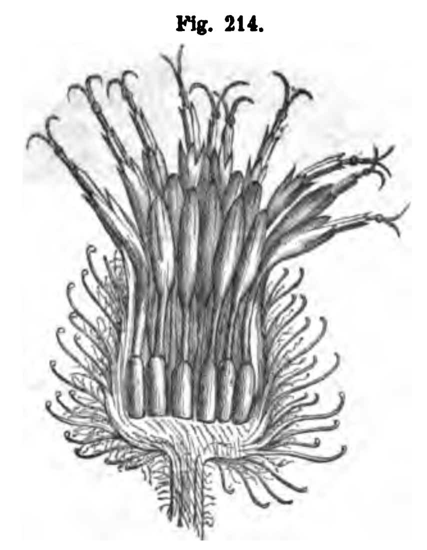


Fig. 214. Blüthenkörbchen von Lappa.

Fig. 215.



Fig. 215. Dasselbe von Matricaria, beide im Längsschnitt.

sämmtliche Blüthen zungenförmig, wie bei den Cichoraceen, so heisst es strahlenförmig (radiatiforme s. liguliflorum); sind alle Blüthen zwitterig, so wird ein solches Körbchen als gleichehig (homogamum), wenn neben Zwittern noch Blüthen männlichen oder weiblichen Geschlechtes vorkommen — ungleichehig (heterogamum) genannt.

Der Hüllkelch, besteht entweder aus schuppenförmigen, derben Schuppen und ist dann mehrreihig, dachziegelförmig oder spiralig angeordnet, wie bei Pyrethrum etc. oder er ist auch krautartig, wie bei Taraxacum, Arnica etc. und dann ein- oder mehrreihig; zuweilen sind die Spitzen der Blätter des Hüllkelchs dornig, wie bei den Disteln oder hakig, wie bei Lappa (Fig. 214 u. 215).

Der Blüthenboden, theils flach, theils gewölbt, ist entweder nackt (Receptaculum nudum, Fig. 216) oder,

Fig. 216.



Fig. 216. Nackter Blüthenboden.

je nach seiner Bekleidung, spreublättrig (Fig. 217, R. paleaceum), borstig (R. setaceum, Fig. 218) etc.; sind die Blüthchen tiefer eingesenkt, so erscheint der Blüthenboden grubig (R. favosum), wie bei Fig. 215 etc.

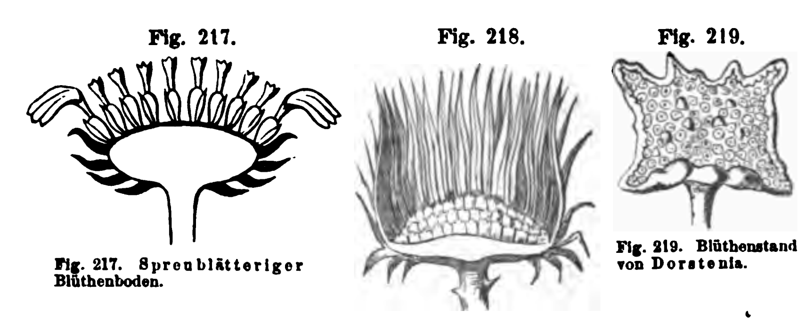


Fig. 217. Spreublätteriger Blüthenboden.

Fig. 218. Borstiger Blüthenboden.

Fig. 219. Blüthenstand von Dorstenia.

Der Blüthenkuchen (Coenanthium) trägt die Blüthen in einen ausgebreiteten (Fig. 214) oder durch Contraction des Randes kugelförmigen, hohlen und fleischigen Blüthenboden eingesenkt, wie bei der Feige (Fig. 219).

§. 69. b) Centrifugale Blüthenstände:

Die Trugdolde (Cyma) trägt eine die Hauptachse abschliessende Gipfelblüthe, welche zuerst aufblüht, unter welcher zwei, drei oder mehrere Nebenachsen entspringen, welche die gleiche di-, trichotome Theilung zeigen und deren oberste Blüthen, ähnlich wie bei der Dolde, in einer Fläche liegen (Fig. 220); mitunter erscheint aber auch die Trugdolde mehr kugelig, wie bei Viburnum Opulus. Unentwickelte Trugdolden, bei welchen Spindel und Blüthenstielchen sehr kurz bleiben, wie bei den Caryophylleen, nennt man Blüthenbüschel (Fasciculi); sehr gedrängt angeordnete, köpfchenartige, wie bei Sanguisorba etc., heissen Knäuel (Glomeruli). Entwickeln sich unterhalb der Gipfelblüthen nur einseitige Nebenachsen, in welchem Falle auch meist die Spindel schneckenförmig eingerollt erscheint (Fig. 221), so

Fig. 220.

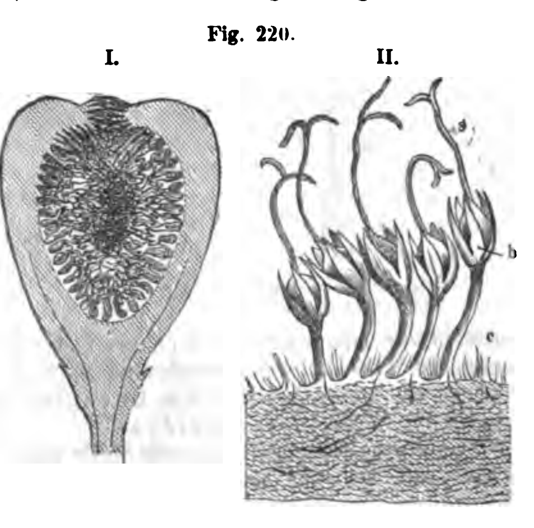


Fig. 220. Blüthenstand von Ficus, II. ein Stückchen davon vergrössert mit fünf weiblichen Blüthen.

Fig. 221.

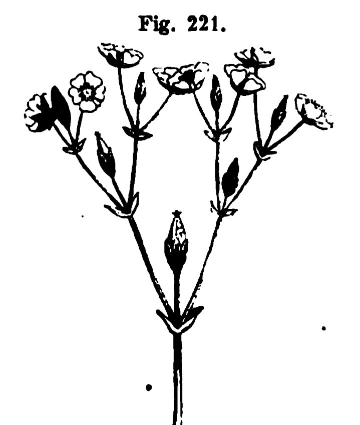


Fig. 221. Trugdolde von Cerastium.

Fig. 222.

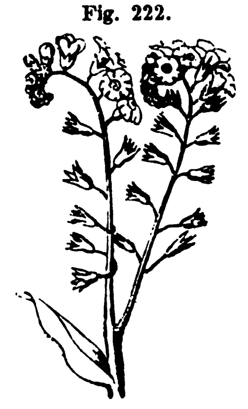


Fig. 222. Blüthenstand von Myosotis.

Fig. 223.

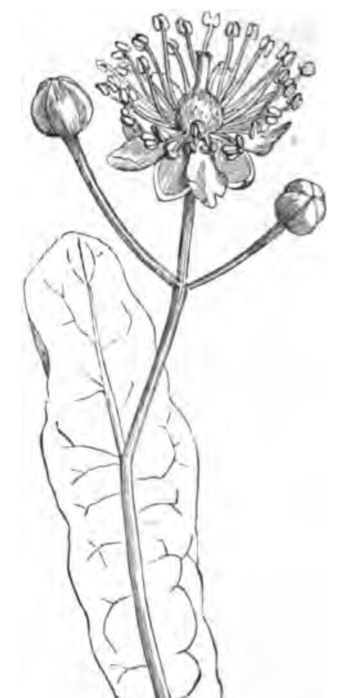


Fig. 223. Blüthenstand der Linde mit Bractee.

entsteht die sogenannte Schraubel (Cyma helicoidea) oder, wenn die Nebenachsen abwechselnd nach rechts und links hervortreten, wie namentlich bei den Boragineen, der Wickel (Cincinnus s. Cyma scorpioidea).

Tritt eine Nebenachse an die Stelle einer unentwickelten Hauptachse, wie bei den sogenannten sympodialen Blüthenständen der Binsen, so nennt man letztere auch Spirren (Anthelae).

Die Trugdoldentraube (Corymbus cymosus) ist eine Doldentraube mit centrifugaler Entwicklung der Haupt- und Nebenachsen der Blüthen (Fig. 223), wie bei der Linde, der Raute etc.

Die Trugrispe (Panicula cymosa) ist eine Rispe mit centrifugaler Entwicklung der Achsen, wie bei Clematis Vitalba etc.

Endlich gehört hierher noch der mitunter als Kelchkätzchen (Cyathium) bezeichnete, eigenthümliche Blüthenstand des Genus Euphorbia (Tithymalus), welchen wir bei der betreffenden Familie schildern werden:

c) Gemischte Blüthenstände.

Hierher gehören der Strauss (Thyrsus), eine Traube, deren Nebenachsen aus Trugrispen oder Trugdolden bestehen, oder Trugrispen, deren letzte Blüthenstände, wie bei den rispenblüthigen Compositen (Lactuca, Inula etc.), centripetal aufblühen, und der Blüthenschwanz (Anthurus), eine zusammengesetzte Traube oder Aehre, deren Nebenachsen Knäule oder Büschel tragen wie bei Amaranthus etc.

Siebentes Kapitel.

Die Organe der Blüthe und ihre Insertion.

§. 70. Die Blüthe (Flos) ist eine zum Zwecke der Fortpflanzung metamorphosirte, durch Verkürzung der Achse (Blüthenboden, Receptaculum) dicht zusammengedrängte Blattorgane einschliessende Knospe; die letztere entsteht von aussen nach innen oder von unten nach oben als conische Zellmasse, welche sich allmälig entwickelt und umbildet.

An der vollständigen Blüthe sind drei Wirtel zu erkennen, von welchen der äussere, als der am wenigsten veränderte Blattkreis, noch am deutlichsten seine ursprüngliche Blattnatur zeigt; derselbe wird als Blüthendecke (Perigonium) bezeichnet, wenn er einfach, oder als Kelch (Calix) und Blumenkrone (Corolla), wenn er doppelt; diese Decken werden auch mitunter als die unwesentlichen Blattorgane benannt, weil sie an dem Fortpflanzungsacte selbst unbetheiligt sind. Die beiden anderen, von aussen nach innen folgenden Wirtel sind die Staubblätter oder Staubgefässe (Stamina), die männlichen Geschlechtsorgane, welche den die Befruchtung vollziehenden Blüthenstaub (Pollen) enthalten, und den innersten Wirtel bilden endlich die Fruchtblätter (Carpophylla), welche die Eichen (Ovula) oder die Anlagen zu dem sich ausbildenden Samen einschliessen; diese beiden letzteren Kreise von Blattorganen werden als wesentliche bezeichnet.

Nicht immer sind sämmtliche Kreise oder Wirtel an der Blüthe vorhanden, doch muss wenigstens einer der beiden inne-

ren ausgebildet sein, wenn die Knospe als wahre Blüthe benannt werden soll; sind sämmtliche Wirtel vorhanden, so heisst die Blüthe eine vollständige (Flos completus), wie die der Rose, des Veilchens etc.; fehlt einer derselben, so ist sie unvollständig (Fl. incompletus); fehlen die Blüthendecken, wie z. B. bei der Esche (Fig. 224), so heisst die Blüthe nackt (nudus).

Fig. 224.



Fig. 224. Nackte Blüthe v. Fraxinus excelsus.

Fig. 225.



Fig. 225. Randblüthe der Kornblume.

Mangeln der Blüthe die inneren (wesentlichen) Blattorgane in Folge eines Fehlschlagens, so nennt man dieselbe steril oder unfruchtbar (Fl. neuter), wie dies bei den Randblumen von Centaurea Cyanus (Fig. 225) der Fall ist; ist nur einer der wesentlichen Wirtel der Blattorgane vorhanden, so ist die Blüthe eingeschlechtig (Fl. diclinus) und dann entweder eine männliche oder Staubblüthe (Fl. staminiger s. masculus), oder eine weibliche, Stempelblüthe (Fl. pistilliger s. femineus); mitunter findet man in solchen Blüthen die fehlenden Organe als rudimentäre oder verkümmerte und zwar in den männlichen Blüthen unausgebildete weibliche Organe und umgekehrt; männliche Blüthen findet man zuweilen durch ♂, weibliche durch ♀ bezeichnet. Fig. 226 zeigt eine männliche, Fig. 227 eine weibliche Blüthe des Frühlingswassersterns.

Enthält eine Blüthe sowohl männliche als weibliche Geschlechtsorgane, so ist sie eine Zwitterblüthe (Flos hermaphroditus), wie Fig. 228 zeigt.

Fig. 226. Fig. 227. Fig. 228.

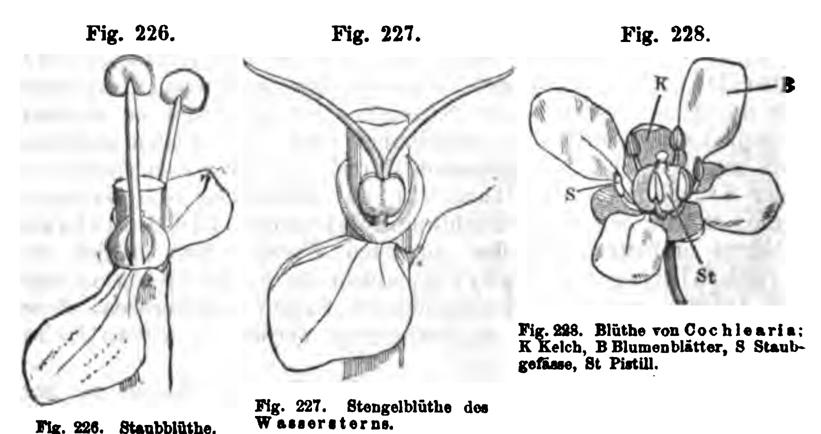


Fig. 226. Staubblüthe.

Fig. 227. Stengelblüthe des Wassersterns.

Fig. 228. Blüthe von Cochlearia; K Kelch, B Blumenblätter, S Staubgefässe, St Pistill.

Stehen auf ein und demselben Pflanzenindividuum männliche und weibliche Blüthen beisammen, so nennt man die Blüthen einhäusig oder mononcisch (Fl. monoici), wenn jedes Geschlecht aber für sich auf einer einzelnen Pflanze vorkommt, zweihäusig oder dioncisch (Fl. dioici); finden sich aber auf derselben Pflanze eingeschlechtige und Zwitterblüthen vereint, so nennt man sie vielehige oder polygamische Pflanzen (Plantae polygamicae); als Beispiele für einhäusige Pflanzen nennen wir die Wallnuss, Eiche etc., für zweihäusige die Pappel, Wachholder etc., für polygamische die Ulme, Ahorn etc.

§. 71. Die Reihenfolge der Wirtel der Blüthenorgane von aussen nach innen ist also folgende:

a) Der Kelch (Calix) meist krautartig, grün gefärbt, entweder ungetheilt oder aus mehreren verschieden geformten Zipfeln oder Lappen (Sepala) bestehend; zuweilen auch kronblattartig, gefärbt, wie bei Fuchsia etc.

b) Die Blumenkrone oder Blumenblätter (Corolla, Petala), meist von zarter Structur, gefärbt, verwachsen oder freiblätterig.

Sind die Blüthendecken gleichartig und dann meist blumenartig, so nennt man sie Blüthenhülle (Perigonium), was oft bei Monocotylen vorkommt.

c) Die Staubblätter, bestehend aus dem Staubfaden und dem Staubbeutel, welche den Pollen enthält, oder, wenn ersterer fehlt, blos aus dem Staubbeutel und dann sitzend genannt, sind sehr mannichfaltig geformt, zart und fallen nach dem Stäuben ab.

d) Die Fruchtblätter (Stengel, Pistill), bestehen entweder aus dem Fruchtknoten, Griffel und der Narbe, oder wenn der Griffel fehlt und eine sitzende Narbe vorhanden ist, wie bei Papaver, blos aus ersterem und der Narbe; sie sind in der Regel grün, krautartig und umschliessen die aus der Achse hervorgehenden Knospen, die Eichen (Ovula). Nach völliger Reife stellen die Fruchtblätter die Frucht dar, welche die Samen mit dem Embryo einschliesst. (Fig. 229). Die Mitte einer vollständigen Blüthe nimmt demnach der Stempel ein; um diesen gruppiren sich in Kreise geordnet die Staubblätter, die Blumenblätter und endlich der Kelch; doch bietet die gegenseitige Stellung dieser Organe mannigfache Verschiedenheiten dar, welche

Fig. 229.

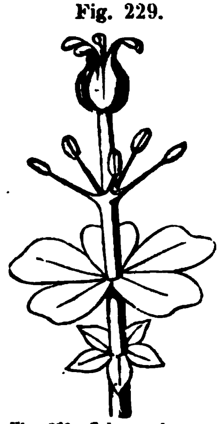


Fig. 229. Schema der verschiedenen Blattwirtel einer normalen Blüthe; Kelch, Blumenblätter, Staubblätter, und zu oberst Fruchtblätter.

Verhältnisse man am klarsten durch Diagramme oder Blüthengrundrisse oder aus Längsschnitten durch Blüthen erkennt; letztere setzen besonders in den Stand, die Insertion der einzelnen Organe deutlich zu übersehen.

Die Anzahl der die einzelnen Kreise der Blüthenorgane bildenden Blätter beträgt 3 oder 5 oder deren Multipla, seltener 4, wie bei den Cruciferen (Fig. 230), wo das Diagramm zeigt, dass vier Kronblätter mit vier Kelchblättern abwechseln; auf erstere folgen die sechs Staubgefässe und zwar als ein äusserer Kreis, von welchem nur zwei Staubblätter ausgebildet wurden, während der innere, den Kronblättern gegenüber, viergliederig ist; den Mittelpunkt nimmt der zweifächerige, aus zwei Karpellarblättern gebildete Fruchtknoten ein.

Die Anzahl der Organe eines Kreises ist entweder eine gleiche (Flos isomerus), wie in Fig. 231, oder, und zwar dann meist in den inneren Kreisen, eine ungleiche (Fl. anisomerus) wie Fig. 230. Bei den gleichgliederigen wechseln die einzelnen Kreise in der Regel so mit einander, dass die Staubblätter den Kelchblättern, die Fruchtblätter den Kronblättern gegenüber stehen, wie Fig. 231 zeigt. Selten finden davon Abweichungen statt, wie z. B. bei dem Faulbaume (Fig. 232), wo die Staub-

Fig. 230.

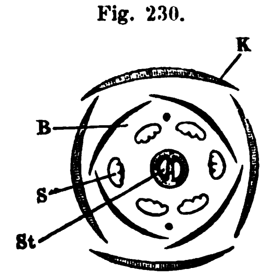


Fig. 230. Diagramm der Cruciferenblüthe; Bezeichnung wie Fig. 228.

Fig. 231.

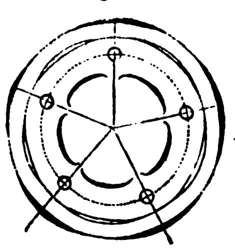



Fig. 231. Diagramm der Blüthe von Crassula.

Fig. 232.

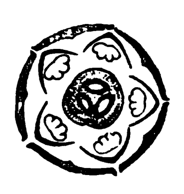


Fig. 232. Diagramm von Rhamnus.

Fig. 233.

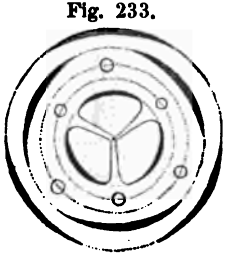


Fig. 233. Diagramm von Tulipa.

blätter den Kronblättern gegenüber stehen, oder, wie bei Primula, den Lappen der Blumenkrone. Bei Iris, Tulipa etc. erscheint die Stellung der Blattkreise in Folge einer Verdoppelung der 3zähligen Wirtel unregelmässig, wie aus Fig. 233 zu ersehen ist.

Wo einzelne Blattkreise aus sehr zahlreichen Gliedern bestehen, wie z. B. bei den Fruchtblättern der Ranunculaceen, Magnoliaceen etc., findet gewöhnlich eine spiralige Anordnung derselben statt, wie z. B.

Fig. 234 zeigt; sonst ist eine spiralige oder acyclische Anordnung der sämmtlichen Blüthentheile, wie bei Calycanthus floridus, eine seltene. Symmetrisch nennt man eine Blüthe, welche sich der Länge nach in zwei völlig gleiche Hälften theilen lässt, wie z. B. diejenige der Papilionaceen etc.; es ist dabei nicht nöthig, dass alle Glieder eines Wirtels gleichmässig gebildet sind, wie dies bei der regelmässigen Blüthe (flos regularis) der Fall ist; unregelmässig (fl. irregularis) ist eine Blüthe, bei welcher eine Verschiedenheit der Glieder einzelner oder mehrerer Wirtel vorkömmt, wie bei den Lippenblüthen, Schmetterlingsblüthen, bei Aconitum etc., wo aber die Blüthen immer noch symmetrisch sind, während letzteres dagegen bei der Blüthe von Canna nicht der Fall ist.

Fig. 234.

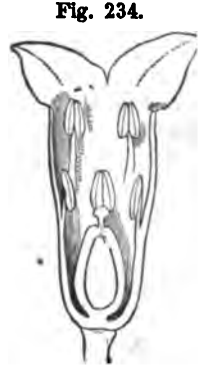


Fig. 234. Längsschnitt durch die Blüthe von Daphne Mezereum.

§. 72. Die Glieder der einzelnen Blattkreise der Blüthe können frei sein (was ursprünglich immer der Fall zu sein scheint) oder mit einander verwachsen; im letzteren Falle nennt man zunächst die Blüthenhülle oder Kelch und Blumenkrone verwachsenblätterig (Perigonium monophyllum, Calix gamophyllus, Corolla gamopetala). In solchen Fällen stehen in der Regel die Staubblätter auf der Corolle, wie bei Daphne (Fig. 234), bei Blüthen mit freien Kron- und Kelchblättern in der Regel auf dem Receptaculum, wie z. B. bei den Ranunculaceen (Fig. 235) oder auf dem Kelchrand, wie bei den Amygdaleen (Fig. 236), bei Rhamnus; letztere Einfügung oder Insertion der Staubblätter wird als perigynische, die auf dem Receptaculum als hypogynische bezeichnet. Stehen dagegen die letzteren auf dem Fruchtknoten selbst, wie bei Leucojum (Fig. 237), bei Asarum, so wird die Insertion eine oberständige oder epigynische genannt.

Fig. 235.

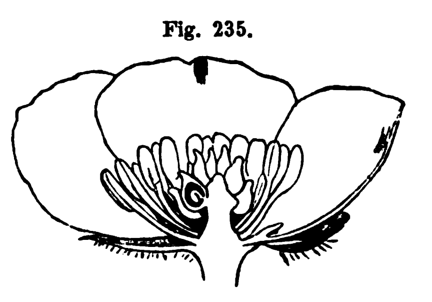


Fig. 235. Hypogynische Insertion bei Ranunculus.

Die relative Stellung der Blüthendecken und Staubblätter oder deren Insertion dem Stempel gegenüber ist von grosser Wichtigkeit und unterscheidet man in dieser Hinsicht einen ober-

ständigen, unterständigen und halbunterständigen Fruchtknoten.

In der Regel sitzt der freie, nicht mit den Blüthendecken verwachsene Fruchtknoten auf dem Receptaculum, welches etwas verbreitert erscheint, auf; verbreitert sich das oberste Stengelglied mit dem den Stempel tragenden Knoten scheibenartig, so entsteht der sogenannte Discus hypogynus, wie bei einigen Labiaten etc., oder, wenn dies Stengelglied mehr in die Länge gezogen erscheint, der Stempelträger (Gynophorum), wie bei Saponaria, Citrus (Fig. 238) etc. Die übrigen Blattkreise sind

Fig. 236.

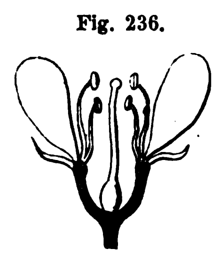


Fig. 236. Perigynische Insertion bei Prunus.

Fig. 237.

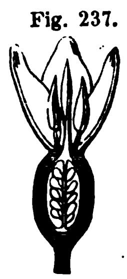


Fig. 237. Epigynische Insertion bei Leucojum.

Fig. 238.



Fig. 238. Stempelträger von Citrus, nach Entfernung der äusseren Blattkreise.

hier in der Regel unter dem Fruchtknoten inserirt, also hypogynisch, der Fruchtknoten ein oberständiger (Ovarium liberum s. superum). Bei vielen Pflanzenfamilien bildet sich aber das Receptaculum zu einer concaven, becherförmigen oder röhrigen Scheibe aus, welche mitunter als Hypanthium oder Unterkelch bezeichnet wird (Fig. 239); derselbe wird bei dem Apfel fleischig und verwächst mit dem Samengehäuse. Steht der Fruchtknoten frei in dem Unterkelch, wie bei Fig. 237, die übrigen Blattkreise aber auf dem Rande des Unterkelchs, so ist der Fruchtknoten dennoch ein oberständiger, die Insertion der Staubblätter dagegen eine perigynische oder umständige.

Fig. 239.

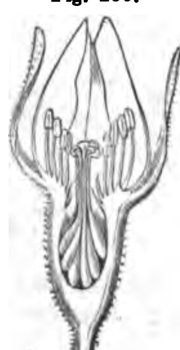


Fig. 239. Unterkelch der Rose mit perigynischer Insertion der Staubblätter.

Verwachsen aber die unteren Theile des Fruchtblattkreises oder Stempels mit dem becher- oder röhrenförmig ausgehöhlten Unterkelch in der Art, dass die folgenden Blattkreise — Staubblätter, Blumen- und Kelchblattkreis, — auf dem Scheitel des Fruchtknotens eingefügt erscheinen, so ist der letztere ein unterständiger (Ovarium inferum), die übrigen Blatt-

kreise aber oberständig (epigynisch) inserirt, wie bei Fig. 237. Als intermediäre Form ist der halbunterständige Fruchtknoten zu bezeichnen (Ovarium semi-inferum), bei welchem nur der untere Theil des letzteren mit dem Unterkelch verwächst, während der obere herausragt, wie bei Lobelia, Saxifraga granulata etc.

§. 73. Wir haben nun noch am Schlusse dieses die Blüthe im Allgemeinen behandelnden Kapitels die in verschiedenen Pflanzenfamilien auftretenden Nebenorgane der Blüthe kurz zu erwähnen; dieselben sind in der Regel Metamorphosen der Glieder eines oder des anderen der verschiedenen Blattkreise, ihre Bedeutung aber nicht in allen Fällen mit Sicherheit erkannt.

Hierher gehören die sogenannten Honig- oder Nectardrüsen (Nectaria), drüsige Organe, welche häufig eine zuckerhaltige Flüssigkeit absondern; so sind die beiden kappenförmigen nach Linné sogenannten Nectarien von Aconitum, die dutenförmigen von Helleborus etc. ohne Zweifel Kronblätter, während dies bei den Nectarien von Ranunculus sich nicht wohl annehmen lässt. Ebenso findet man in den Blüthen verschiedener Pflanzenfamilien verkümmerte Staubgefässe (Staminodien), wie z. B. bei den Laurineen etc., bei dem Genus Cassia sogar neben fertilen Staubgefässen; anderen Theils begegnet man in anderen Blüthen, z. B. den männlichen der Laurineen, verkümmerten Fruchtknoten; auf die Nebenkrone etc. werden wir bei der Blumenkrone selbst zurückkommen.

Schliesslich bemerken wir noch, dass oft die Blüthentheile bei einer und derselben Pflanze nicht in gleicher Anzahl vorhanden sind; so sind z. B. bei der Gartenraute die Endblüthen fünfzählig, die seitenständigen nur vierzählig; bei Chenopodium ist die Hülle der weiblichen Blüthe zweitheilig, bei männlichen und Zwitterblüthen viertheilig etc.

Achtes Kapitel.

Die Blüthendecken.

§. 74. Die zum Schutze der Geschlechtsorgane der Pflanzen, besonders im Knospenzustande der Blüthe (wo sie dieselbe dicht umschliessen), dienenden Blüthendecken sind, wie wir bereits oben sagten, entweder ein einfaches Perigon und dann meist, wie bei vielen Monocotylen, blumenblattartig, oder ungleichartig als Kelch und Blumenkrone.

Für diese ohne Unterschied kommt zuerst die Anordnung und

gegenseitige Deckung in der uneröffneten Knospe, die sogenannte Knospenlage (Praefloratio oder Aestivatio), in Betracht, um so mehr, als dieselbe bei vielen Pflanzenfamilien eine constante ist.

Die wichtigsten Arten der Knospenlage der verschiedenen Blätter vor dem Aufblühen (Anthesis) sind die folgenden:

Die klappige Knospenlage (Aestivatio valvata), wenn die Blätter sich nur mit den Rändern berühren (Fig. 127), wie bei Clematis, den Malvaceen, Ampelideen, Rhamneen etc.

Die gedrehte K. (A. contorta) Fig. 132, wobei immer der Rand des einen Blattes den des folgenden bedeckt, während der andere Rand von dem vorhergehenden Blatte gedeckt wird, wie bei den Gentianeen, bei Nerium, Jasminum etc.

Die ziegeldachförmige K. (Aestivatio imbricata) Fig. 240 u. 241, wenn sich die Blätter gegenseitig decken, eine der häufigsten Formen der Knospenlage, z. B. bei den Caryophylleen, Papilionaceen, Pomaceen etc.

Fig. 240.

Fig. 240. Ziegeldachförmige Knospenlage von Dianthus.

Fig. 241.



Fig. 241. Dieselbe bei den Papilionaceen.

Bezüglich der selteneren Formen, wohin z. B. die zerknitterte K. (Aestivatio corrugativa), wie bei der Blumenkrone von Papaver gehört, vergleiche man Kap. 3.

Mitunter zeigen auch die Blattkreise des Kelchs und der Blumenkrone eine verschiedene Aestivation, wie z. B. bei den Hypericineen, Lineen, Oxalideen etc., wo die Knospenlage des Kelchs eine dachziegelförmige, jene der Blumenkrone die gedrehte ist.

Die einfache Blüthendecke (Perigonium simplex) ist mitunter krautartig, grün gefärbt, kelchartig (P. calycinum), wie bei Acer (Fig. 242), bei Urtica (Fig. 243), oder

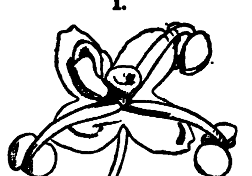
Fig. 242.



Fig. 242. Der Länge nach geöffnete Blüthe von Acer campestre.

Fig. 243.

I.



II.



Fig. 243. I. Männliche, II. Weibliche Blüthe von Urtica urens.

blumenartig, corollinisch (P. corollinum), wie bei Narcissus (Fig. 244), bei Liliaceen, Orchideen etc., trockenhäutig, spelzartig (P. glumaceum) bei den Gräsern und Binsen, schuppenförmig (P. squamaeforme) an den Kätzchen der Laubhölzer. Das blumenartige Perigon trägt wie die Blumenkrone zahlreiche Papillen, dagegen fehlen Spaltöffnungen, welche bei dem krautartigen Perigon und dem Kelche vorhanden sind. Im Uebrigen gelten für die Beschreibung des Perigons dieselben Bezeichnungen, wie bei Kelch und Blumenkrone in Bezug auf Form, Zahl, Anordnung etc. der Blätter; es kann freiblätterig (dialyphyllum, polyphyllum) sein und in diesem Falle die einzelnen Blätter gestielt oder genagelt (P. unguiculatum) oder verwachsenblätterig (gamophyllum, monophyllum), in welchem Falle sämmtliche Blätter an ihren Rändern mehr oder minder vollständig verwachsen sind; der untere Theil heisst dann Röhre (Tubus), der obere, ausgebreitete Saum (Limbus), die Mündung Schlund (Faux), die Abtheilungen des Saums Lappen oder Zipfel (Lobi, Laciniae).

Fig. 244.



Fig. 244. Blüthe von Narcissus.

§. 75. Das Perigon ist hinfällig (caducum), wenn es noch vor Entwicklung der Blüthe abfällt, wie z. B. bei Papaver Rhoeas, abfallend (deciduum), wenn es vor der Fruchtreife abfällt. Zuweilen wächst das Perigon noch nach dem Verblühen aus, wie bei der Haselnuss und ist bleibend, oder es wird, wie bei der Maulbeere, fleischig, während die einzelnen Blättchen verwachsen etc. Das Perigon heisst endlich unterständig (hypogynum), wenn es unter dem Stempel auf dem Receptaculum steht; umständig (perigynisch), wenn es aus dem freien Rande des Unterkelchs hervorgeht, oberständig (epigynum), wenn es aus dem Rande des Unterkelchs, der sich über dem unterständigen Fruchtknoten nicht verlängert, entspringt.

Besteht das Perigon aus 2 Wirteln, wie bei Iris, so zeigen mitunter die beiden Kreise verschiedene Färbung und auch Gestaltung.

Im Allgemeinen gelten für die Form, Anordnung etc. diesel-

ben Bezeichnungen für das einfache Perigon wie für die Blumenkrone, weshalb wir zur Vermeidung von Wiederholungen die bereits berührten Verhältnisse bei der Blumenkrone übergehen werden.

§. 76. Der Kelch (Calix) ist bei doppelten Blüthendecken der äussere Kreis und in seiner ausgebildetsten Form die schützende Hülle für die inneren, zarteren Blattkreise der Blüthe; in den meisten Fällen ist er zwar krautartig, jedoch auch mitunter gefärbt und dann zarter, wie bei Fuchsia, Rittersporn etc. Im ersteren Falle ist er gewöhnlich ein einfacher Kreis von Blättern, seltener mehrreihig (Calix duplex), wie Fig. 245 bei der Erdbeere etc.; auch der Kelch besteht ursprünglich aus freien Blättern (Sepala), in welchem Falle er als freiblätterig (C. dialysepalus), wie bei der vorigen Figur, bezeichnet wird, oder es sind jene Blätter mit einander verwachsen (C. gamo-, syn-, monosepalus), wie Fig. 246. Sind die oberen Bracteen zu einem Kreise vereinigt unter dem Kelch angeordnet, wie z. B. bei den Malvaceen (Fig. 247), so nennt man erstere einen Hüllkelch (C. exterior). Der Kelch kann regelmässig oder unregelmässig sein, doch ist er in letzterem Falle in der Regel doch symmetrisch, wie z. B. der zweilippige Kelch verschiedener Labiaten (Fig. 248); auch entstehen zuweilen Unregelmässigkeiten am Grunde des Kelchs durch Entwicklung von Necta-

Fig. 245.

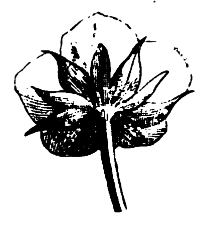


Fig. 245. Zweireihiger Kelch der Erdbeere.

Fig. 246.



Fig. 246. Einblätteriger, krugförmiger Kelch.

Fig. 247.



Fig. 247. Hüllkelch von Hibiscus.

Fig. 248.



Fig. 248. Zweilippiger Kelch von Salvia.

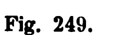




Fig. 249. Gespannter Kelch von Tropaeolum.

Fig. 250.

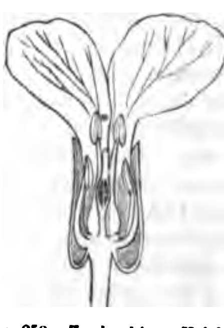


Fig. 250. Zweisackiger Kelch von Hesperis.

rien, wie z. B. bei Tropaeolum (Fig. 249), welcher Kelch gespornt (C. calcaratus) oder wie bei verschiedenen Cruciferen (Fig. 250), wo er zweisackig (C. bisaccatus) genannt wird.

Der Form nach ist der regelmässige Kelch ausgebreitet oder radförmig (C. rotatus), kreiselförmig (C. turbinatus) Fig. 251, krugförmig (C. urceolatus), aufgeblasen (C. inflatus) Fig. 252, trichterförmig (C. infundibuliformis), röhrig (C. tubulosus) etc.

Fig. 251. Fig. 252.

Fig. 251. Kreiselförmiger Kelch.

Fig. 252. Aufgeblasener Kelch von Silene.

Nach der Theilung des Randes heisst der Kelch gezähnt (C. dentatus), wenn die Lappen kurz und spitz erscheinen, gespalten (C. fissus), wenn die Einschnitte nicht bis zur Hälfte reichen und getheilt (C. partitus), wenn sie über diese herab reichen, wobei noch die Anzahl der Zipfel in Betracht kommen und der Kelch als C. bi-, tri- multifidus s. partitus bezeichnet wird.

Die Dauer des Kelchs wird wie die des Perigons (§. 75) benannt; der hinfällige Kelch fällt beim Aufblühen ab, wie bei Papaver (Fig. 253), der abfallende fällt zugleich mit der Blumenkrone; meist löst sich der ganze Kelch an seinem Grunde dabei ab und zwar mit glatter Narbe, zuweilen aber auch umschnitten (circumscisse), wie z. B. bei Datura, wo der Grund etwa eine Linie breit stehen bleibt. Fig. 254 zeigt den zu einem häutigen Sack auswachsenden und sich dabei roth färbenden, aufgeschnittenen Kelch der Judenkirsche (Physalis); bei der Wassernuss (Trapa) betheiligt sich der Kelch an der Fruchtbildung, indem die vier spitzen Fortsätze aus einer Verholzung der Kelchzähne hervorgehen (Fig. 255). Schliesslich haben wir noch die Bildung der Federkrone (Pappus) zu erwähnen, welche aus dem Kelchsaume der mit dem Kelch verwachsenen Schliessfrüchtchen der Familie der Compositen her-

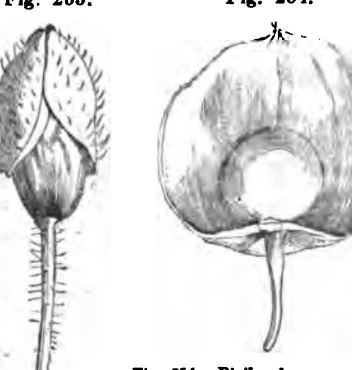


Fig. 253. Fig. 254.

Fig. 253. Vom Grunde sich ablösender, hinfälliger Kelch von Papaver.

Fig. 254. Bleibender, auswachsender Kelch der Schlutte (Physalis).

vorgeht und zwar in Folge Auswachsens der Kelchzähnchen; diese Federkrone ist entweder sitzend (P. sessilis), wie Fig. 256, oder, wenn sich die Kelchröhre über die Frucht verlängert (Fig. 257), gestielt (P. stipitatus) und zwar einfach, haarartig (pilosus), wie Fig. 256, federartig (plumosus, Fig. 257), grannenartig (aristatus, Fig. 258), einfach, ein-, zwei- oder mehrreihig etc. Diese Federkrone spielt eine wichtige Rolle bei der Wanderung der Pflanzen, indem der Wind die damit versehenen Früchtchen oft in grosse Entfernungen mit sich führt.

Fig. 255.

Fig. 255. Frucht der Wassernuss (Trapa).

Fig. 256.

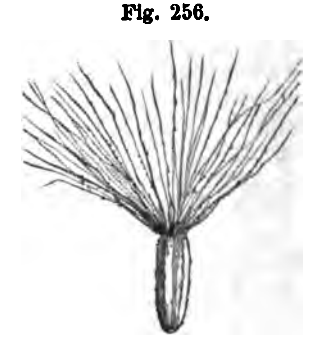


Fig. 256. Sitzende, haarförmige Federkrone von Senecio.

Fig. 257. Fig. 258.

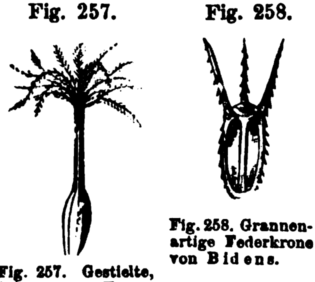


Fig. 257. Gestielte, federartige Federkrone von Scorzonera.

Fig. 258. Grannenartige Federkrone von Bidens.

§. 77. Die Blumenkrone (Corolla) bildet den inneren Kreis der doppelten und dann verschieden gebildeten Blüthendecken; sie kann, wie der Kelch, verwachsenblätterig (Corolla syn- s. gamopetala, monopetala) sein oder aus einem oder mehreren Kreisen freier, getrennter Blätter bestehen (C. polys. dialypetala). Die einzelnen Blumenblätter (Petala) sind in der Regel gefärbt, grün blos bei wenigen Pflanzen (Vitis, Rhamnus, Hortensia, Cobaea und gewissen Asclepiadeen etc.), häufiger aber ungefärbt — weiss. Nach der Anzahl der einzelnen Glieder der Blumenkrone wird dieselbe als drei-, fünf-, vielblätterig (tri-, penta-, polypetala) bezeichnet.

In Beziehung auf den anatomischen Bau ist zu bemerken, dass derselbe im Allgemeinen mit jenem anderer Blattgebilde nahezu übereinstimmt; die äusserste Bedeckung bildet eine Epider-

mis, welche bei Blumenblättern mit sammtartigem Glanze mit Papillen, häufig auch mit Haaren besetzt ist, auf welcher man aber häufig, wenigstens auf der oberen Fläche, keine Spaltöffnungen bemerkt; das unter der Epidermis befindliche Parenchym enthält meist gelöste Farbstoffe, und umschliesst zarte, meist netzförmig anastomosirende Gefässbündel mit Spiralgefässen.

Besonders deutlich ist die Blattnatur bei vielen freien Kronblättern, wo man häufig einen stielartigen Theil, den Nagel (Unguis), wie z. B. bei Dianthus (Fig. 259), erkennt, an welchen sich oben der der Blattspreite entsprechende verbreiterte Theil — die Platte, Lamina — anschliesst; man nennt solche Kronblätter genagelte (F. unguiculata); solche, welchen der Nagel fehlt, wie z. B. bei Papaver etc., ungenagelte. Uebrigens kommen auch Kronblätter mit sehr kurzem Nagel vor, wie z. B. bei der Rose, welche man als kurzgenagelte (F. subunguiculata) bezeichnen kann.

§. 78. Als wichtigste Formen der verwachsenblätterigen, regelmässigen Blumenkrone sind zu nennen: Die röhrige (C. tubulosa), wie bei den Röhrenblüthen der Compositen etc. (Fig. 260); die glockenförmige (C. campanulata Fig. 261); die krugförmige (C. urceolata Fig. 262); die trichterförmige (C. infundibuliformis Fig. 263); die radförmige

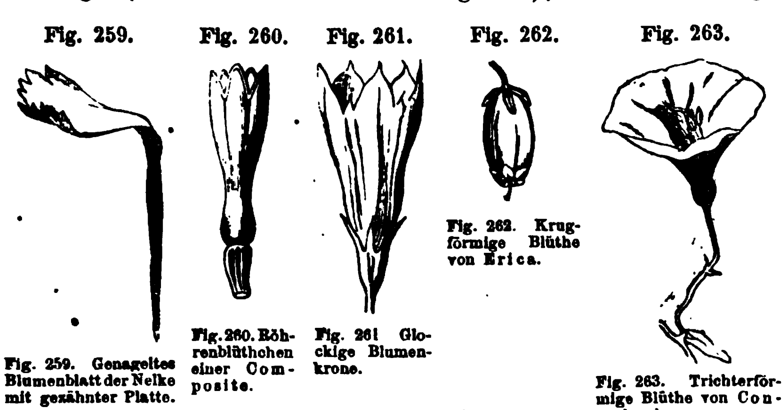


Fig. 259. Genageltes Blumenblatt der Nelke mit gezähnter Platte.

Fig. 260. Röhrenblüthchen einer Composite.

Fig. 261 Glockige Blumenkrone.

Fig. 262. Krugförmige Blüthe von Erica.

Fig. 263. Trichterförmige Blüthe von Convulvulus.

(C. rotata), wie bei Sambucus, wo die Röhre der Blumenkrone fehlt; die kugelförmige (C. globosa Fig. 264), wie bei Erica; die präsentirtellerförmige (C. hypocrateriformis), wie bei Primula, Phlox etc. Zu den unregelmässigen Formen der verwachsenblätterigen Blumenkrone gehören: die zungenförmige (C. lingulata), wie bei den Strahlblüthen vieler Compositen (Fig. 265); die zweilippige (C. bilabiata, Fig. 266),

wie bei der Familie der **Labiaten** etc.; bei letzterer Form unterscheidet man, wie auch beim Kelch, eine obere und eine untere Lippe und die Blume selbst ist nur seitlich symmetrisch; die Oberlippe ist meist grösser, als die oft sehr kurze Unterlippe; klaffen beide Lippen sehr stark, so heisst die Krone **rachenförmig** (C. **ringens**); ist die Mündung durch eine blasenförmige Erhebung der Unterlippe geschlossen, welche letztere als **Gaumen** (**Palatum**) bezeichnet wird, so resultirt die **maskenförmige** Blumenkrone (C. **personata**, Fig. 267), wie solche bei **Antirrhinum**, **Linaria** etc. zu sehen ist.

Fig. 264.



Fig. 264. Kugelförmige Blüthe.

Fig. 265.



Fig. 265. Zungenförmige Strahlblüthe einer Composite.

Fig. 266.

Fig. 266. Lippenblüthe von Salvia.

Fig. 267.



Fig. 267. Maskenförmige Blüthe von Antirrhinum.

Die **getrenntblätterigen** Blumenkronen zeigen gleichfalls die verschiedensten Formen, doch kömmt bei diesen mehr die **Gestalt**, **Stellung**, **Anzahl** der einzelnen Glieder in Betracht; für die Form des Umfangs, des Randes gelten die allgemeinen terminologischen Begriffe und es kann somit ein Kronblatt **ganz**, **gezähnt**, **gesägt**, **mehrspaltig**, **mehrtheilig** etc. sein; ebenso kömmt bei der Beschreibung die **Richtung** der Kronblätter in Betracht und gebraucht man da die Ausdrücke **aufrecht** (**Petala erecta**), **zusammengeneigt** (**P. conniventia**), **auseinandertretend** (**P. divergentia**), **abstehend** (**P. patentia**), **zurückgeschlagen** (**P. reflexa**) etc., welche Begriffe sich von selbst verstehen.

Sind die Kronblätter von **gleicher** Gestalt und Grösse und symmetrisch angeordnet, so nennt man die Blumenkrone eine **regelmässige**, wie z. B. jene der **Cruciferen** (Fig. 268); sind dagegen die einzelnen Kronblätter verschieden an Grösse und Gestalt, wie bei den **Schmetterlingsblüthen** (Fig. 273), so ist dieselbe eine **unregelmässige**.

Wir wollen nun in der Kürze die wichtigsten Arten der freiblätterigen Blumenkronen anführen und zwar zunächst die regelmässigen Formen; hierher gehören:

Die Kreuzblume (Corolla cruciata, Fig. 268), von welcher die Familie der Cruciferen ihre Benennung führt; dieselbe besteht aus vier, mit den Kelchblättern abwechselnden, über Kreuz gestellten Kronblättern, welche meist genagelt sind.

Fig. 268.

Fig. 268. Blüthe von Hesperis.

Die Rosenblume (C. rosacea, Fig. 269) besteht aus fünf kurz genagelten Kronblättern, welche am Rande des Unterkelchs, wo die Theilung der Kelchzipfel beginnt, mit den letzteren abwechselnd, inserirt sind.

Die Nelkenblume (C. caryophyllacea, Fig. 270) besitzt einen verwachsenblätterigen, walzenförmigen Kelch, in dessen Grund die fünf lang genagelten Blumenblätter inserirt sind, welche an der Basis der Platte oft mit Kranzschuppen (Coronulae), entstanden aus einer Faltung der Epidermis (Fig. 271), versehen sind; sie ist der Familie der Caryophylleen eigenthümlich.

Fig. 269. Fig. 270.

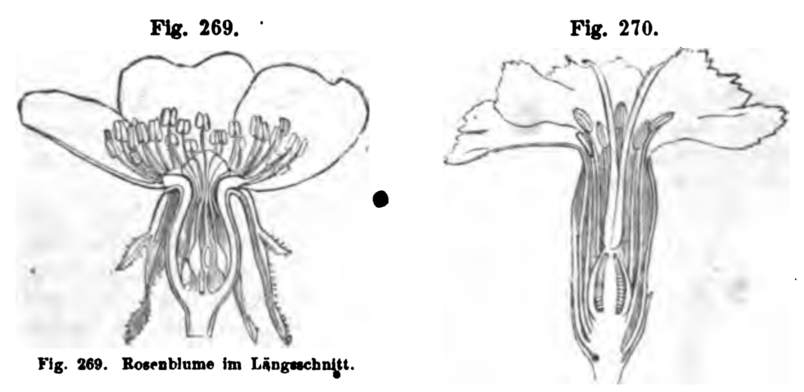


Fig. 269. Rosenblume im Längsschnitt.

Fig. 270. Nelkenblüthe im Längsschnitt.

Die mützenförmige Blumenkrone (C. mitraeformis, Fig. 272) zeigt fünf an der Spitze verklebte Kronblätter, welche sich am Grunde beim Aufblühen lösen und wie eine Mütze abfallen, wie bei Vitis, oder sie besteht nur aus vier Kronblättern, wie bei Caryophyllus. Endlich lässt sich hier noch die Malvenblüthe (C. malvacea) anreihen, welche, aus fünf Kronblättern bestehend, von oben gesehen, verwachsenblätterig erscheint, weil die Staubfadenröhre mit der Substanz der Kronblätter verwachsen ist und zwar über deren Basis, weshalb man nur von unten genau erkennen

kann, dass die Kronblätter unter sich frei sind; die eigenthümliche Blüthe der Polygalcen werden wir bei dieser Familie beschreiben.

Von unregelmässigen, mehrblätterigen Blumenkronen erwähnen wir in erster Reihe die Schmetterlingsblüthe (C. papilionacea), welche gleichfalls einer natürlichen Familie den Namen gegeben hat; dieselbe besteht aus fünf Blättern (Fig. 273), deren oberstes (a) das grösste ist und als Fahne

Fig. 271.

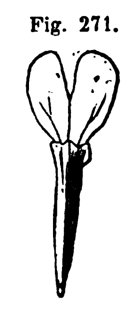


Fig. 271. Genageltes Kronblatt der Lichtnelke mit Coronula.

Fig. 272.



Fig. 272. Blüthe von Vitis im Begriff sich zu öffnen.

Fig. 273.



Fig. 273. Analyse der Schmetterlingsblüthe.

oder Segel (Vexillum) bezeichnet wird; die beiden seitlichen (b) nennt man Flügel, Alae, die beiden unteren (c), oft mit einander verwachsen, heissen Kiel, carina, und umschliessen gewöhnlich die Staubgefässe.

Auch die Blüthe des Veilchens (Viola) ist 5blätterig, das unpaarige grössere Blatt in Folge einer Drehung nach unten gerichtet und am Grunde in einen stumpfen Sporn verlängert, die beiden seitlichen Kronblätter sind gebartet, schief genagelt, die beiden untersten, aber nach oben gerichteten, sind ungebartet, zurückgeschlagen.

Fig. 274 a. Fig. 274 b.

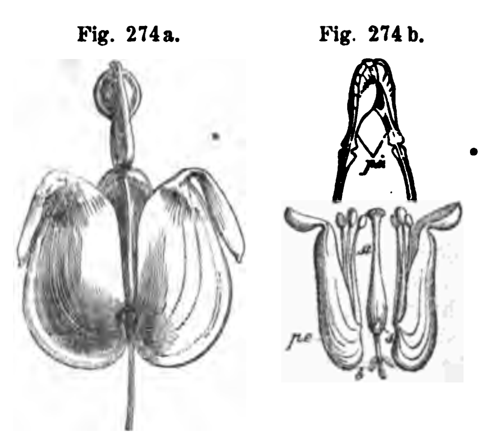


Fig. 274. Blüthe von Diclytra mit Analyse.

Die Corydalis-Blüthe (C. corydalina s. fumarioidea, Fig. 274) ist die eigenthümliche Blüthe der Fumaria-

ceen, bestehend aus einem zweiblätterigen Kelche und einer unregelmässigen, vierblätterigen Blumenkrone, deren Glieder sich kreuzweise gegenüber stehen; das obere und untere Blumenblatt (p. e.) stehen nach aussen und enden an der Basis mit einem Höcker oder Sporn; die inneren oder seitlichen Kronblätter (p. i.) schliessen die Geschlechtsorgane ein und sind gewöhnlich an ihrer Spitze mit einander verklebt; diese Blüthe erscheint lippenartig.

Andere für gewisse Pflanzenfamilien characteristische Blüthenformen, wie die Grasblüthe, das Kelchkätzchen etc., werden bei der Schilderung der ersteren genauer beschrieben werden. Auf der Innenfläche der Kronblätter gewisser Pflanzen bemerkt man eigenthümliche Anhängsel, welche theils eine schuppenförmige Gestalt zeigen, wie an der Basis der Kronblätter von Ranunculus, wo sie als Nectarien (Nectaria) bezeichnet werden, theils zeigen sie die Gestalt von Haaren, die zu einem Kranze vereinigt sind, wie bei Lamium, oder sie sind mehr borstenförmig und tragen an ihrer Spitze eine Drüse, wie bei Parnassia (Fig. 275); die Benennung rührt daher, dass diese Nebenorgane Honig absondern.

Andere solche Nebenorgane der Blumenkrone sind ferner der Sporn (Calcar), welcher sowohl am Kelche, als an der Blüthenkrone oder, wie bei Aquilegia, an beiden Blattkreisen vorhanden sein kann.

Fig. 275.

Fig. 275. Blumenblatt von Parnassia palustris.

Die Dauer der Blumenkrone ist wie die des Kelchs eine verschiedene, in der Regel aber ist die erstere ein sehr hinfälliges Organ; fällt die Blüthe sofort nach dem Oeffnen ab, so nennt man sie hinfällig (Flos caducus), wie bei dem Weinstock etc.; fällt sie bald nach dem Oeffnen ab, so wird sie als abfallend (deciduus) bezeichnet; selten ist dieselbe bleibend (persistens), in welchem Falle sie vertrocknet, wie bei Erica, Campanula etc. Gewöhnlich löst sich die Blumenkrone oder ihre Glieder beim Abfallen ganz vom Grund ab, mitunter bleiben noch Reste von der Basis zurück und fallen erst nach dem Vertrocknen ab, wie bei Capsicum.

§. 79. Die Blüthenhüllen entwickeln sich nach denselben Gesetzen wie die Blattknospen; sie erscheinen anfänglich als kleine warzenförmige Hervorragungen, welche allmälig durch Zellvermehrung an Grösse zunehmen; der Kelch schreitet stets in der Entwicklung jener der Blumenkrone voran; bei Blüthen mit mehreren Kelch- oder Kronblättern treten letztere als freie, drüsenartige Wülste auf, deren Anzahl bereits jener der später daraus hervorgehenden Glieder entspricht. Sind die Blattkreise der Blüthe ver-

wachsenblätterig, so zeigen sie sich im Beginn ihrer Entwicklung als ringförmiger Wulst, welcher sich dann zu Kelch oder Korolle ausbildet; gewöhnlich erkennt man bei denjenigen Blüthen, welche am Rande gelappt oder gezähnt sind, die Anzahl dieser Fortsätze als kleine Vorsprünge auf dem Gipfel des Wulstes angedeutet.

Endlich sind sämmtliche unregelmässige Kelche und Blumenkronen im Beginne ihrer Entwicklung regelmässig und die Unregelmässigkeit ist nur Folge ungleichmässiger Ausbildung der einzelnen Theile.

Ueber die Knospendeckung der Blüthe (Aestivatio) haben wir bereits oben pag. 78 u. ff. das Nöthige angegeben und gelten im Allgemeinen dieselben Bezeichnungen für diese Verhältnisse, wie bei den Blattknospen. Wir bemerken jedoch hier noch, dass oft Kelch und Blumenkrone eine verschiedene Aestivation zeigen, was im speziellen Theil bei den betreffenden Pflanzenfamilien besonders hervorgehoben werden wird.

Neuntes Kapitel.

Die Staubgefässe (Stamina).

§. 80. Die Staubgefässe bilden denjenigen Kreis veränderter Blätter in der zwitterigen Blüthe, welcher nach innen auf die Blumenkrone folgt; es sind die männlichen oder befruchtenden Organe der Blüthe, welche den Blüthenstaub, Pollen, produciren und nach der Befruchtung in der Regel abfallen. In der mit Kelch und Blumenkrone ausgestatteten Blüthe bilden sie also den dritten Kreis von aussen nach innen und man hat sie als veränderte Blätter zu betrachten, deren Blattspreite die Anthere oder der Staubbeutel (Fig. 276b) repräsentirt, in welchen durch Bildung secundärer Zellen die Bildung des Blüthenstaubs vor sich geht, während der die Anthere tragende Faden, Staubfaden oder Filament (Fig. 276a) (Filamentum), den Blattstiel vorstellt. Der Staubbeutel oder die Anthere ist der wichtigste Theil des Staubgefässes und nur solche, welche wirklich in den Fächern der Anthere Pollen hervorbringen, können als fruchtbare Staubgefässe (Stamina fertilia) betrachtet werden, während nur staubgefässähnliche unvollkommene Gebilde, wie solche in vielen weiblichen Blüthen, wie z. B. in jenen vieler Laurineen etc., auftreten und keinen Pollen produciren, als sterile Staubgefässe (Stamina sterilia) oder Staminodien (Staminodia) bezeichnet

Fig. 276.

Fig. 276. Schema eines Staubgefässes, a Staubfaden, b Anthere.

werden. Der Staubfaden kann fehlen und in diesem Falle ist die Anthere eine sitzende (Stamen sessile), wie z. B. bei Aristolochia (Fig. 277), wo die Anthere unter den einzelnen Narbenlappen am Pistill festsitzt; ebenso kann aber auch der Staubfaden bis zu seiner Spitze mit den Blüthendecken verwachsen sein, in welchem Falle die Anthere ebenfalls sitzend erscheint.

Fig. 277.



Fig. 277. Geschlechtsorgane von Aristolochia.

In Hinsicht auf seinen anatomischen Bau zeigt der Staubfaden ein centrales Gefässbündel aus Spiralgefässen bestehend, welche in der Regel unverästelt in das zwischen den Antherenfächern liegende Mittelband (Connectivum) münden und von einer dünnen Schicht von Zellgewebe und von Epidermis umschlossen sind; letztere zeigt in der Regel Spaltöffnungen und trägt auch häufig gefärbte Haare, wie bei Verbascum, Tradescantia etc. Die Structur des Filaments ist somit analog jener des Blattstieles, welcher eine ähnliche Anordnung seiner histologischen Elemente erkennen lässt. In Bezug auf Gestalt, Länge, Färbung etc. bieten die Staubfäden grosse Mannichfaltigkeit dar; gewöhnlich zeigen die Filamente eine fadenförmige Gestalt und verdünnen sich fast unmerklich gegen ihre Spitze hin, wie z. B. bei der Rose (Fig. 269), wo sie dann auch wenigstens bis nach dem Stäuben aufrecht stehen; sind sie noch dünner, wie z. B. bei den Gräsern, so biegen sie sich um und die Antheren sind dann hängend (Fig. 278).

Andere Formen der Filamente sind: Die keulenförmige, bei welcher sich die Staubfäden nach oben allmälig verdicken, wie bei Thalictrum etc.; die bandförmige, wie bei Aconitum; bei Allium befinden sich den Nebenblättern der Laubblätter analoge Anhängsel zu beiden Seiten des Filaments, welche oben in eine Spitze auslaufen, oder als kurze Zähne nur seitlich an der Basis hervortreten (Fig. 279).

Fig. 278.

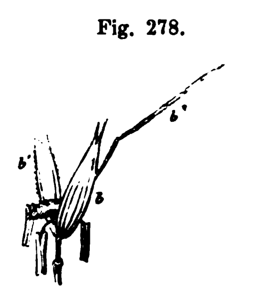


Fig. 278. Grasährchen mit hängenden Antheren.

Fig. 279.

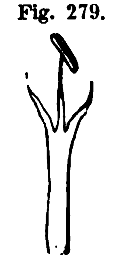


Fig. 279. Staubblatt von Allium mit dreispitzigem Träger.

Bei den Scitamineen (Canna etc.) ist der Scheidentheil des Staubblattes blumenartig entwickelt (Filamentum petaloideum), bei den Cucurbitaceen ist das Filament fleischig etc.; zahnartige Anhängsel am Grunde des Staubfadens findet man

bei Tamarix etc.; drüsenartige bei den Staubblättern gewisser Laurineen (Fig. 295).

Die Färbung der Filamente ist gleichfalls eine sehr verschiedene; obgleich in der Regel ungefärbt (weiss), trifft man sie auch oft von lebhafter Farbe, gelb bei den Ranunculus-Arten, roth bei Fuchsia etc., blau bei Tradescantia etc., schwarz bei gewissen Papaver-Arten.

Von grosser Wichtigkeit für die Systematik ist die Länge der Staubgefässe unter einander, worauf sich auch die beiden Linné'schen Klassen Didynamia und Tetradynamia gründen. Bei der ersteren Klasse sind zwei längere und zwei kürzere Staubgefässe vorhanden, wie z. B. bei den Labiaten, Scrophularineen (Fig. 280), bei der letzteren Klasse stehen, wie bei den Cruciferen (Fig. 281),

Fig. 280.

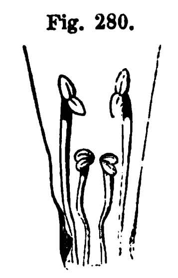


Fig. 280. Staubblätter von Digitalis.

Fig. 281.



Fig. 281. Geschlechtsorgane der Cruciferen.

Fig. 282.



Fig. 282. Staubgefässe von Geranium.

Fig. 283.

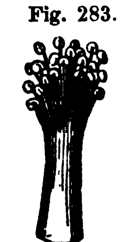


Fig. 283. Staubblattröhre der Malvaceen.

Fig. 284.



Fig. 284. Staubblattröhre der meisten Papilionaceen.

vier längere, innere Staubgefässe paarweise den Samenträgern, zwei kürzere, äussere, einzeln den Klappen des Ovariums gegenüber. Bei Blüthen mit doppeltem Staubblattkreise stehen oft abwechselnd längere und kürzere neben einander, wie bei Geranium (Fig. 282).

Nach der Verwachsung der Staubgefässe nennt man dieselben brüderig (Stamina adelpha) und bezeichnet die Anzahl der entstandenen Bündel durch die vorgesetzte griechische Zahl; so sind die Staubgefässe einbrüderig (monadelpha) bei Linum, den Malvaceen (Fig. 283), zweibrüderig (diadelpha) bei Fumaria, den meisten Papilionaceen (Fig. 284), dreibrüderig (triadelpha) bei Hypericum (Fig. 285), vielbrüderig (polyadelpha) bei Ricinus, bei den Aurantiaceen (Fig. 286).

Fig. 285.

Fig. 285. Staubblattröhre von Hypericum.

Derjenige Theil des Staubfadens, welcher die beiden Antherenfächer trennt, ist eigentlich nur eine Verlängerung desselben, entsprechend der Mittel-

rippe eines Laubblattes und wird als Mittelband (Connectivum) bezeichnet; dasselbe ist sehr verschieden entwickelt, bald breiter, bald kaum zu erkennen, zuweilen sogar in zwei Arme getheilt, wie bei der Hainbuche (Fig. 287), oft auch ungleich lang und an jedem Ende ein Antherenfach tragend, wie bei Salvia (Fig. 288), wo dann eines der letzteren fehlschlägt; bei Paris, Asarum, ist das Connectiv in eine lange Spitze auslaufend und scheinen die Antheren deshalb in der Mitte des Filaments befestigt, wie Fig. 289 zeigt.

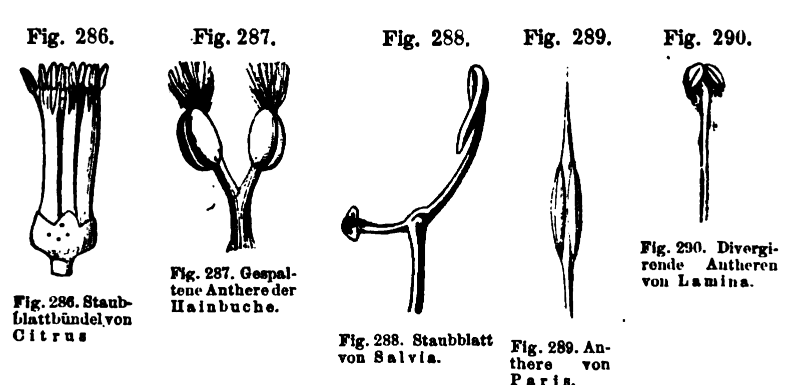


Fig. 286. Staubblattbündel von Citrus

Fig. 287. Gespaltene Anthere der Hainbuche.

Fig. 288. Staubblatt von Salvia.

Fig. 289. Anthere von Paris.

Fig. 290. Divergirende Antheren von Lamina.

Ein anderes Verhältniss findet sich bei den Gramineen, einigen Liliaceen, wo das Filament durch eine Gliederung mit dem Connectiv verbunden ist, so dass die Anthere auf dem ersteren balancirt (Anthera versatilis, Fig. 279).

Die Anthere oder der Staubbeutel (Anthera) ist ein membranöser Behälter, welcher in der Regel aus zwei durch das Connectiv geschiedenen Hälften besteht und dann als zweifächerig (Anthera bilocularis) bezeichnet wird; jede dieser Hälften enthält ein Fach (Loculum), welche Fächer dann gewöhnlich parallel neben einander liegen, wie Fig. 276 zeigt; ist das Connectiv nach der Spitze hin verbreitert, wie bei vielen Labiaten, z. B. bei Thymus etc., so erscheinen die Fächer mehr oder weniger divergirend (Fig. 290); bei Gratiola sind die Antherenfächer der Quere nach auf einem schüsselförmigen membranösen Connectiv befestigt.

Geschwänzt ist die Anthere, wenn sich das Connectiv zu einem fadenförmigen Fortsatz verlängert (Anthera caudata); zweihörnig (A. bicornis) erscheint sie bei gewissen Ericaceen, wo das Connectiv über der Anthere zwei Fortsätze bildet (Fig. 291); gespornt (A. calcarata), wenn sich die Fortsätze unter der Anthere spornartig ausbreiten, wie Fig. 292;

schildförmig (A. peltata) nennt man die Antheren von Taxus, Cupressus etc., wo sich das Connectiv horizontal über den Antheren ausbreitet (Fig. 293).

Einfächerig (A. unilocularis) erscheinen die Antheren, wenn sich die Fächer bei sehr schmalem Mittelband berühren und zusammenfliessen, wie bei gewissen Euphorbiaceen (Fig. 294), oder wenn eine Spaltung der Anthere stattgefunden hat, wie bei Fig. 287; vierfächerig (A. quadrilocularis), wenn eine Einschnürung in Mitte der Antherenfläche statt gefunden hat, wie z. B. bei den Laurineen.

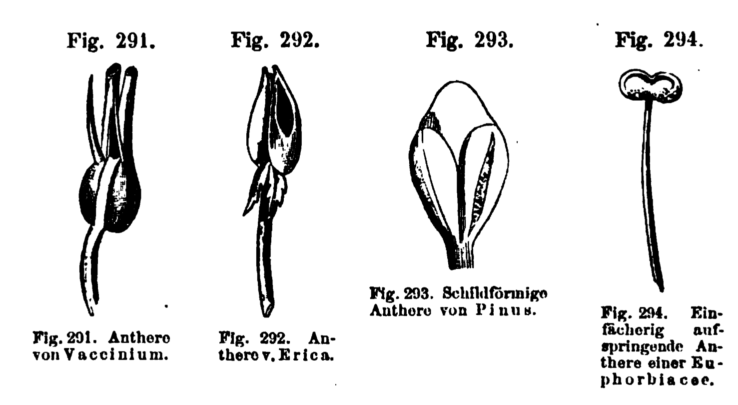


Fig. 291. Anthere von Vaccinium.

Fig. 292. Anthere v. Erica.

Fig. 293. Schildförmige Anthere von Pinus.

Fig. 294. Einfächerig aufspringende Anthere einer Euphorbiacee.

Das Aufspringen der Antherenfächer (Dehiscentia antherarum) findet nach völliger Reife des Pollens statt und zwar ist dasselbe Folge einer bei dem Austrocknen gewisser Zellparthien stattfindenden Contraction, wie wir bei dem anatomischen Bau der Antheren genauer erörtern werden. Nach dem Ausfallen des Pollens nennt man die Staubgefässe ausgestäubt (St. deflorata); dieselben zeigen dann stark zusammengefallene Antheren, oder letztere drehen sich nach dem Stäuben schraubenartig, wie bei Erythraea etc. Dieses Aufspringen geschieht meist durch Längsspalten, welche entweder die Fächer ihrer ganzen Länge nach öffnen oder nur einen Theil der Naht (Antherae longitudinaliter seu rimis dehiscentes), wie Fig. 292 und 293; sind die Nähte gegen das Centrum der Blüthe gerichtet, so werden die Antheren als nach innen aufspringend bezeichnet, im entgegengesetzten Fall als nach aussen aufspringende; mitunter öffnen sich die Nähte nur an der Spitze der Fächer (apice dehiscentes). Einfächerige Antheren öffnen sich in der Regel durch eine Querspalte (A. transversim dehiscentes), doch findet dies auch zuweilen bei zweifächerigen Antheren statt, wie z. B. Fig. 294. — In Löchern (poris

dehiscentes) springen z. B. die Antheren von Solanum, Vaccinium (Fig. 291) etc. auf; bienenzellig (A. favose dehiscentes) öffnen sich die vielfächerigen Antheren und zwar jedes Fach mit einer Pore bei Viscum; klappig (A. valvis dehiscentes), und zwar unter Lösung der äusseren Fachwand und Zurückschlagen derselben, öffnen sich die Antheren bei Berberis und zwar hier mit zwei, bei vielen Laurineen mit vier Klappen (Fig. 295); deckelartig (operculate dehiscentes) öffnen sich die Antheren, indem die äussere Wand des Fachs sich vollständig von der inneren loslöst und abfällt, wie bei Vanilla etc.

Wie die Filamente können auch die Antheren verwachsen sein, worauf schon Linné seine 19. Klasse, Syngenesia, gründete; eine eigentliche Verwachsung findet aber hauptsächlich nur bei den Compositen statt (Fig. 296), wo die Antheren eine geschlossene Röhre bilden, auf deren innerer Wand die Fächer (b) liegen; die Filamente bleiben in diesem Falle getrennt. Eine unächte Verwachsung, oder eigentlich mehr eine Verklebung, findet statt bei den Violaceen, wo die Antheren nach aussen gewendet sind und mit den Rändern locker zusammenhängen; bei Solanum, wo die Fächer nach oben mit Poren sich öffnen; ferner bei den Cucurbitaceen, wo die Antheren mit auswärts gewendeten Fächern am Rande der verwachsenen, fleischig gewordenen Connective in sigmaförmigen Windungen angewachsen sind (Fig. 297).

Fig. 295.

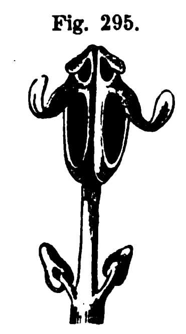
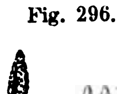


Fig. 295. Vierklappige Anthere von Cinnamomum zeylanicum (3. Reihe).

Fig. 296.



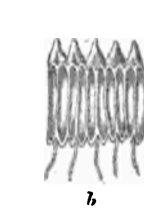


Fig. 296. Staubgefässröhre einer Composite mit eingeschlossenem Griffel; bei b dieselbe geöffnet.

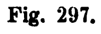


Fig. 297.

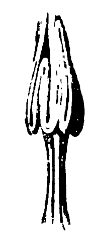


Fig. 297. Staubblattbündel vom Kürbis.

Endlich können noch die Antheren mit dem Griffel verwachsen sein (A. gynandrae), wie bei Aristolochia, Fig. 277, bei den Orchideen etc.

Der Blüthenstaub (Pollen) (Fig. 298) besteht aus sehr verschieden geformten elliptischen, runden, aber auch polyedrischen Bläschen oder Zellen, welche den Befruchtungsstoff (Fo-

villa) als eine feinkörnige flüssige Masse enthalten; die Hülle besteht in der Regel aus einer inneren, structurlosen, zarten Haut (Intina), welche von einer äusseren Cuticularschicht (Extina) eingeschlossen wird, aber häufig mit Oeffnungen versehen ist, aus welchen die Intina warzen- oder zitzenförmig hervorragt, wie z. B. bei dem Pollen von Corylus etc. Die innere Haut färbt sich,

Fig. 298.

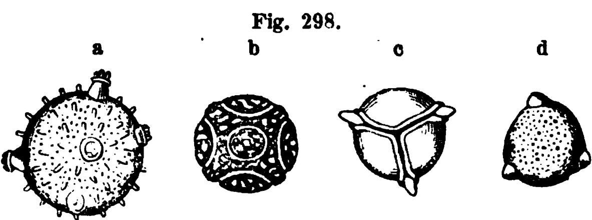


Fig. 298. Pollenformen; a vom Kürbis, b von Passiflora, c von Cuphea, d von Dipsacus.

mit Schwefelsäure befeuchtet, roth, und wird dabei nur sehr langsam angegriffen; die Extina besteht aus Pollenin und ist sehr verschieden an ihrer Oberfläche ausgebildet, bald nackt, bald mit Haaren, Warzen, Leisten etc., als Wucherungen der Cuticula, besetzt. Die häufig vorhandenen Oeffnungen, durch welche die Intina hervorragt, sind von verschiedener Grösse, bei Dicotylen gewöhnlich zu dreien, bei Monocotylen einzeln, übrigens auch zuweilen in grösserer Anzahl vorhanden.

Die Fovilla, der Inhalt der Pollenkörner, ist schleimigflüssig und führt Körnchen von Stärke, Eiweiss, Oeltröpfchen etc. mit sich; die Farbe des Polleninhalts, wie auch der äusseren Pollenhaut ist in den meisten Fällen eine gelbe, seltener orange, roth oder blau.

Die Entwicklung der Staubgefässe findet etwas später statt, als die der äusseren Blattkreise der Blüthe; zuerst zeigt sich die Anlage zu den Staubblättern als kleine, aus Parenchym zusammengesetzte, mit Epidermis bedeckte Warze, in welche sich ein einfacher Gefässbündel (Spiralgefässe) hereinzieht; allmälig wächst dieser zellige Kegel zu einem mehr oder weniger deutlichen vierkantigen Blatt aus, indem er sich über der schmal bleibenden Basis verbreitert und zu der künftigen Anthere umgestaltet. Diese besteht anfänglich aus einem ziemlich gleichförmigen Parenchym, umgeben von dünnwandigen Epidermalzellen, welche gegen die Mitte der Flächen des Staubblattes mehr als gegen die Ränder hin in radialer Richtung gestreckt sind. Nun entstehen im Innern des Blattes und zwar gegen die Ecken des vierkantigen Staubblattes hin aus einer Mutterzelle (der Urmutterzelle Nägeli's) je ein Strang von Cambialgewebe, welcher sich zu grösseren, nur locker an einander liegenden Zellen mit derber Zell-

membran (den Spezialmutterzellen Nägeli's) entwickeln, und in diesen entstehen dann durch Theilung des Primordialschlauchs vier Tochterzellen, die eigentlichen Pollenzellen (Cellulae pollinariae), welche im Verlaufe ihrer Entwicklung die gallertige Membran der Mutterzelle resorbiren, wodurch dann an Stelle des ursprünglichen Cambiums eine Höhlung oder vielmehr vier den resorbirten Cambiumsträngen entsprechende Fächer treten, welche mit den entstandenen Pollenzellen erfüllt sind (Fig. 299 und 300).

Fig. 299.

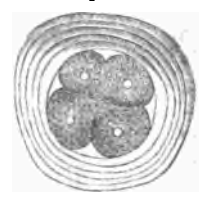


Fig. 299. Genesis des Pollens; Specialmutterzelle mit vier Tochterzellen.

Während dieser Vorgänge, welche also die Bildung des Pollens bedingen, finden auch in dem Gewebe der Staubblätter anatomische Veränderungen statt, indem sich in der unter der Oberhaut (Exothecium) liegenden Zellschicht spiralförmige Ablagerungen bilden, wodurch diese Zellen zu Spiralfaserzellen werden (Fig. 301). Die dadurch bedingte Verschiedenheit der einzelnen Gewebsschichten, namentlich aber die Hygroscopicität der spiraligen Ablagerungen in der inneren Zellschicht (Endothecium) ist die Ursache des Aufspringens der Antherenfächer, welches in den meisten Fällen längs der Naht der beiden Antherenfächer, wo die Oberhaut am dünnsten ist und bald austrocknet, geschieht, so dass der dann gereifte Pollen austreten und seine von der Natur ihm angewiesene Function erfüllen kann. Dieses Aufspringen geschieht gewöhnlich mit einer gewissen Elasticität, wodurch die Verbreitung des Pollens begünstigt wird, und wodurch die oft sehr veränderte Gestalt der verstäubten Antheren bedingt wird, wie z. B. die spiralförmige Drehung bei den Antheren von Erythraea nach dem Stäuben etc.

Fig. 300.



Fig. 300. Antherenfach mit Pollenkörnern vor beendigter Resorption der Membran der Mutterzelle.

Die einzelnen Pollenkörner trennen sich jedoch nicht immer nach der Reife; so erhalten sich z. B. die Pollenmutterzellen bei den Orchideen in Gestalt einer fadig-schleimigen Masse, welche die einzelnen Pollenkörner verklebt hält, wie Fig. 302 zeigt; man nennt solche Pollenmassen Pollinaria; ein ähnliches Verhältniss findet statt bei den Asclepiadeen und werden wir darauf bei der Besprechung der betreffenden Pflanzenfamilien zurück kommen.

Fig. 301.

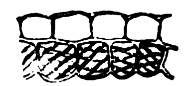


Fig. 301. Aeussere und innere Gewebschicht eines reifen Antherenfachs.

Wir bemerken hier nur noch, dass man je nach der Consistenz solche zusammenhängende Pollenmassen als mehlig (Pollinaria farinosa) bezeichnet, wenn der Zusammenhang wie bei Epipactis etc. ein sehr lockerer ist; als körnig (P. granulosa), wenn sie fester zusammenhängen und die einzelnen Körner schon ohne starke Vergrösserung leicht zu unterscheiden sind, wie bei Orchis etc.; wachsartig (P. ceracea) wenn keine genaue Unterscheidung der Körner möglich ist, wie bei Liparis etc.

Fig. 302. Fig. 303.

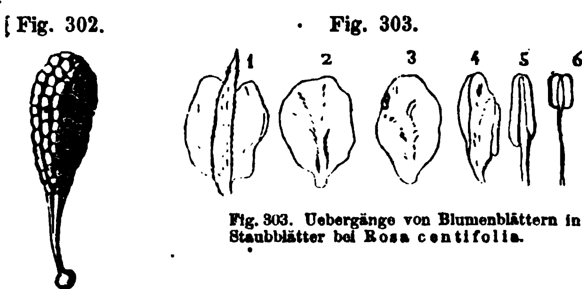


Fig. 303. Uebergänge von Blumenblättern in Staubblätter bei Rosa centifolia.

Fig. 302. Pollinarium von Orchis.

Was nun schliesslich die Beweise für die Blattnatur der Staubgefässe betrifft, so sind diese leicht dadurch zu liefern, dass namentlich bei gefüllten Blumen eine Rückbildung der Staubblätter, eine sogenannte rückschreitende Metamorphose derselben in Blumenblätter, stattfindet, so dass es möglich ist, verschiedene Uebergänge von den ersteren in Blumenblätter aufzufinden, wie namentlich bei Nymphaea, bei gefüllten Rosen, wie Fig. 303 zeigt.

Zehntes Kapitel.

Der Stempel oder die Fruchtblätter.

§. 81. Den innersten Blattkreis in einer zwitterigen Blüthe, wie in einer weiblichen, bilden die Fruchtblätter (Carpella), welche gewöhnlich als Stempel (Pistillum) bezeichnet, entweder auf oder um die Spitze der Blüthenachse angeordnet, diese letztere abschliessen. Der Stempel repräsentirt das weibliche Geschlechtsorgan, welches die Samenknospen oder Eichen (Gemmulae s. Ovula), die erste Anlage des Samens, umschliesst und nach deren Befruchtung zur Frucht auswächst.

An dem vollständigen Stempel (Fig. 304) unterscheidet man drei Theile, nämlich den untersten, in der Regel verdickten Theil, Fruchtknoten (Ovarium s. Germen, Fig. 304 a), welcher in einem oder in mehreren Fächern die Samenknospen enthält. Die mittlere, mehr oder weniger verlängerte Parthie des Stempels (c) nennt man Griffel (Stylus) und dieser trägt an seiner Spitze die einfache oder mehrtheilige Narbe (Stigma), welche sehr verschieden geformt, meist aus so vielen Lappen (Lobi) besteht, als Carpelle an der Bildung des Ovariums betheiligt sind. Die Narbe ist zur Aufnahme des Pollens bestimmt, welcher von da aus durch den feinen, mit dem leitenden Zellgewebe (Tela conductrix) ausgekleideten Narbenkanal (Canalis stigmaticus) die Pollenschläuche herabsendet. Der Griffel bildet einen unwesentlichen Theil des Stempels, derselbe kann sehr kurz sein, wie z. B. bei Berberis etc., oder ganz fehlen, wie bei Papaver; in letzterem Falle nennt man die Narbe sitzend (Stigma sessile). Der Fruchtknoten und die Narbe bilden die wesentlichen Theile des Stempels einer zwitterigen oder weiblichen Blüthe; mitunter schlägt der Stempel fehl, er bleibt unentwickelt und trägt keine Eichen, wie z. B. bei Laurus etc., in welchem Falle er als steril (Ovarium sterile) bezeichnet wird.

Fig. 304.

Fig. 304. Stempel von Prunus. a) Fruchtknoten, b) Narbe, c) Griffel.

Fig. 305.

Fig. 305. Stempel einer Leguminose im Längsschnitt.

Fig. 306.

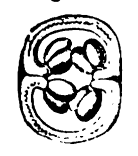


Fig. 306. Fruchtknoten aus zwei Karpellen gebildet.

Fig. 307.

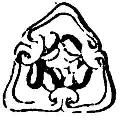


Fig 307. Fruchtknoten aus drei Karpellen gebildet.

Der Stempel ist entweder einfach, dann in der Regel einfächerig (Ovarium uniloculare), und besteht aus einem einzigen Carpellarblatt, wie z. B. bei den Leguminosen (Fig. 305), wo die zusammenstossenden Ränder einfach mit einander verwachsen; doch kann ein solcher Fruchtknoten auch durch Faltung der inneren Fruchthaut mehrfächerig werden, wie z. B. bei Bactyrolobium, welches Genus die bekannte Röhrenkassia liefert. Uebrigens kann ein einfächeriges Ovarium auch aus mehreren Carpellen entstehen, welche an ihren Rändern mit einander verwachsen, wie Fig. 306 und 307 zeigen; bei ersterer Figur erkennt man auf dem Querschnitte deutlich zwei, bei letzterer drei Carpelle, welche die Eichen an ihren eingeschlagenen Rändern oder auf den dort befindlichen Samenträgern tragen; zuweilen ist die Einschlagung der Ränder eine so starke, dass der Fruchtknoten scheinbar mehr-

fächerig wird. Ausser am Querschnitt erkennt man die Anzahl der an der Bildung des Fruchtknotens betheiligten Carpelle an der Anzahl der Griffel, (welche überhaupt gewöhnlich die verlängerte Mittelrippe der einzelnen Fruchtblätter repräsentiren) oder, wenn letztere verwachsen sind oder fehlen, an der Anzahl der Narbenlappen. Gewöhnlich lässt sich aber schon die Anzahl der Carpelle äusserlich an der Zahl der Nähte erkennen, welche der Fruchtknoten aufweist; so zeigt der Fruchtknoten der Leguminosen nur eine Naht, jener von Colchicum (Fig. 308) drei Nähte etc. Ist die Naht nach dem Mittelpunkt der Blüthe gewendet, wie z. B. bei den einzelnen Carpellen von Sedum (Fig. 309) etc., so nennt man sie Bauchnaht (Sutura ventralis); befindet sie sich vom Mittelpunkte abgewendet an der entgegengesetzten Seite des Carpells so heisst dieselbe Rückennaht (Sutura dorsalis). Oft sind die einzelnen Carpelle des Stempels nur am Grunde verwachsen, nach oben getrennt. Sind in einer Blüthe mehrere einfache Stempel quirl- oder spiralförmig angeordnet, so heisst die betreffende Pflanze vielstempelig (Planta polycarpica), wie z. B. Ranunculus, Fragaria etc.

Fig. 308.



Fig. 308. Fruchtknoten von Colchicum im Querschnitt.

Fig. 309.



Fig. 309. Mehrfacher Stempel von Sedum.

Mehrgliederige Pistille sind in der Regel mehrfächerig, indem gewöhnlich die einzelnen Carpelle sich mit den Rändern hereinschlagen, wobei die berührenden Flächen je zweier Carpellarblätter mit einander verwachsen und in der Mitte zusammenstossen (wie Fig. 308); diese Carpellarränder bilden dann die sogenannten ächten Scheidewände (Dissepimenta vera), welche stets schon im Fruchtknoten vorhanden sind. Falsche Scheidewände nennen einige Autoren zuweilen die in die Fruchtknotenhöhle hereinragenden Placenten, welche aber dann in der Mitte nicht vereinigt sind, wie z. B. bei Papaver, oder Wucherungen derselben, wie z. B. bei Datura, wo die Frucht im oberen Theile zweifächerig, im unteren in Folge des Hereinragens der an der Scheidewand befestigten mittelständigen Placenten vierfächerig ist. Solche Scheidewände können auch entstehen, indem das mittelständige Säulchen Fortsätze gegen die Peripherie, also centrifugale Scheidewände entwickelt, welche dann am Rande mit den Carpellen verwachsen, oder indem sich die Mittelnerven der einzelnen Carpelle gegen das Mittelsäulchen einfalten und mit diesem verwachsend centripetale Scheidewände darstellen. Die ächten Scheidewände tragen

nie auf ihrer Fläche Samenknospen und sind ihrer Entstehung nach stets doppelt, wenn sie auch gleich häufig einfach erscheinen, da sie blos aus der inneren Schicht der Fruchtblätter gebildet werden, und nur durch Verschmelzung einfach werden können.

§. 82. Den wesentlichen Inhalt eines vollständig ausgebildeten Fruchtknotens bilden die Samenknospen oder Eichen (Ovula); diese sind entweder sitzend (Fig. 310) oder durch einen Stiel, den sogenannten Knospenträger oder Nabelstrang (Funiculus umbilicalis, Fig. 311), an den sogenannten Samenleisten oder Placenten (Spermophora s. Placenta) befestigt. Diese letzteren entstehen aus der Vereinigung zweier Fruchtblattränder und wenn jeder der letzteren eine trägt, so stehen, was häufig der Fall, die Eichen zweireihig, wie bei Fig. 312.

Fig. 310.

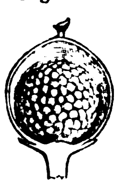


Fig. 310. Fruchtknoten mit freier centraler Placenta und sitzenden Eichen.

Fig. 312.



Fig. 312. Fruchtknoten mit achsenständiger Placenta.

Die Lage der Placenten ist von der Entwicklung des Fruchtknotens selbst abhängig und es kann dieselbe eine achsenständige sein, wie bei Fig. 312 (Placenta axilis), oder frei und mittelständig (Pl. centralis libera, Fig. 310), wie bei Primula, Saponaria etc., oder wandständig (P. pariatalis, wie Fig. 306 u. 307).

Schneidet man ein Eichen der Länge nach durch, so bemerkt man durch die Lupe, dass dasselbe aus einem zelligen Kern (Nucleus, Fig. 313a) und aus der Eihülle (Intagumentum), letzere aus einer einfachen oder doppelten (einer äusseren, primina, und inneren, secundina) Membran gebildet, besteht; die Hülle fehlt nur in ganz seltenen Fällen. Die Oeffnung in der Eihülle, welche sich stets an der Spitze des Kerns befindet, nennt man den Keimmund (Micropyle, Fig. 313 f.), die Basis des Kerns, wo dieser mit der Eihülle zusammenfliesst, heisst Knospengrund und in dem Falle, dass dort ein Gefässbündelstrang endigt — innerer Nabel, Hagelfleck (Chalaza, Fig. 313e). Bei vorhandener doppelter Eihülle unterscheidet man noch die Oeffnung der äusseren Eihaut als Aussen-

Fig. 311.



Fig. 311. Fruchtknoten der Esche im Längsschnitt.

Fig. 313.

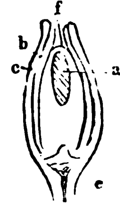


Fig. 313. Geradläufiges Eichen; a Korn, b innere, c äussere Eihaut, e äusserer und innerer Nabel, f Micropyle.

mund (Exostomium), die der inneren als Innenmund (Endostomium); am äusseren Eimund bilden sich mitunter warzenförmige, fleischige Wucherungen, wie z. B. an den Samen vieler Euphorbiaceen etc., welche man als Keim- oder Samenschwiele (Spermotylium) bezeichnet. Die Anhaftungsstelle des Eichens, welche man auf der äusseren Eihaut bemerken kann, nennt man Nabel (Hilum s. Ambilicus) oder auch äusserer Nabel, im Gegensatz zum inneren, der an der inneren Eihaut befindlichen Chalaza.

Verwächst der Nabelstrang seiner Länge nach seitlich mit der Eihaut, so zeigt sich längs des Verlaufs des ersteren ein wulstförmiger Streifen, bedingt durch den im Nabelstrang befindlichen Gefässbündel; man nennt denselben Samennaht, Nabelstreifen (Raphe), vgl. Fig. 316.

Eichen mit nur einer Eihaut trifft man bei den Coniferen, Piperaceen etc., sowie bei den meisten Dicotylen mit verwachsenblätterigen Blumenkronen; eine doppelte Eihaut findet sich bei den Monocotylen, den meisten Dicotylen mit getrenntblätterigen Blumenkronen und dem grössten Theile der Apetalen.

Nach der Richtung der Eichen unterscheidet man drei Hauptformen: a) Das geradläufige Eichen (Ovulum orthotropum, Fig. 314); hier steht das Eichen, wie dies anfänglich stets der Fall, aufrecht auf dem Samenträger, so dass der Nabel an der Basis, die Micropyle (f) an dem entgegengesetzten Ende, also an der Spitze, liegt, wie bei den Cupressineen, Taxineen, Juglandeen etc. Während der ferneren Entwicklung treten aber Veränderungen in der Richtung des Eichens ein, welche ihren Grund in dem Bestreben zu finden scheinen, die Micropyle dem leitenden Zellgewebe des Griffelkanals möglichst zu nähern und dieselbe für das Eindringen der Pollenschläuche günstiger zu situiren.

b) Wächst das Eichen so aus, dass die Micropyle gegen den Nabel herabgebogen wird, so dass die Chalaza über dem Nabel liegen bleibt, die Micropyle (b) aber neben den letzteren zu liegen kömmt, wie Fig. 314, so heisst das Eichen krummläufig (O. campylotropum); ein solches findet man bei den Chenopodiaceen, Solaneen etc. —

Fig. 314.

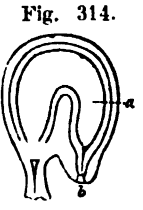


Fig. 314. Campylotropes Ei, schematisch.

Fig. 315.

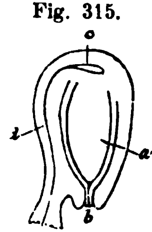


Fig. 315. Anatropes Ei.

c) Biegt sich das Eichen seiner ganzen Länge nach gegen den lang auswachsenden Nabelstrang herab und verwächst mit demselben, so entsteht das gegenläufige Eichen (O. anatropum, Fig. 315), bei welchem die

Micropyle (b) nach unten oder oben gewendet, stets neben dem Nabel liegt, während die Chalaza (c) von dem letzteren entfernt, der ersteren gegenüber liegen bleibt, in welchem Falle dann die Samennaht, Raphe, (d), deutlich zu erkennen ist.

Uebrigens kommen noch verschiedene Zwischenformen vor, wie z. B. das halbgegenläufige Eichen (O. hemianatropum), bei welchem der Nabelstrang nicht bis zum Keimmund herab angewachsen ist, sondern etwa nur bis bis zur Hälfte des Eichens, so dass der Nabel etwa in der Mitte zwischen die Chalaza und die Micropyle zu liegen kommt, wie bei Symphytum, Cheiranthus etc. Ist das Eichen im Grunde des Faches befestigt, so heisst es aufrecht (O. erectum), ist es im oberen Theile angeheftet, so dass es in das Dach herabhängt, so nennt man es hängend (O. pendulum), wie bei Fig. 316.

§. 83. Der Griffel oder Staubweg (Stylus) ist, wie oben gesagt, ein unwesentlicher Theil des Stempels und entweder endständig (St. terminalis) oder mehr seitlich (St. lateralis), wie z. B. bei Fragaria (Fig. 317); derselbe ist innen hohl und die mit dem leitenden Gewebe ausgekleidete Höhlung nennt man Narbenkanal (Canalis stigmaticus).

Fig. 316.



Fig. 316. Hängendes anatropes Ei.

Fig. 317.

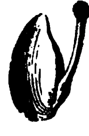


Fig. 317. Seitlicher Griffel von Fragaria.

Der Form nach ist der Griffel fadenförmig, walzenförmig, conisch etc.; mitunter ist die Basis der Griffel zu einer Scheibe verbreitert, welche gleichsam wie ein Polster die Griffel trägt, wie bei den Umbelliferen und auch als Griffelpolster (Stylopodium) bezeichnet wird.

Häufig findet man an dem Griffel die sogenannten Sammelhaare (Pili collectores), theils zerstreut, theils zu einem Kranz unter der Narbe angeordnet, wie bei Lobelia, Campanula, den Leguminosen etc.; dieselben sind bestimmt die beim Stäuben ausgestreuten Pollenkörner festzuhalten. Diese Haare sind verlängerte Zellen des Griffelparenchyms und keine Epidermalgebilde.

§. 84. Die Narbe (Stigma) bildet das obere Ende des Griffels, oder wenn dieser fehlt, dasjenige des Fruchtknotens selbst; seltener befindet sich dieselbe seitlich, wie z. B. bei den Orchideen etc. Sie ist an ihrer Oberfläche mit Papillen oder Drüsenhaaren bedeckt, welche namentlich zur Zeit der Pollenreife eine klebrige Flüssigkeit absondern, welche den Pollen leichter festhalten lässt und die Entwicklung der Pollenschläuche begünstigt. Mitunter finden sich diese Drüsenhaare nur stellenweise, wie z. B. nur am Rande der Narbenlappen, wie bei gewissen

Compositen (Fig. 318), pinselförmig (St. penicillatum) (Fig. 319) oder federförmig (St. plumosum) (Fig. 320) bei gewissen Gramineen etc.; schildförmige Narben (St. peltata) finden sich bei Papaver, fadenförmige (St. filiformia) z. B. bei Luzula (Fig. 321), blumenblattartige (St. peta-

Fig. 318. Fig. 319. Fig. 320. Fig. 321.



Fig. 318. Narbe der Gruppe der Senecionideae (Compositae).

Fig. 319 u. 320. Narben von Gramineen.

Fig. 321. Fadenförmige Narben von Luzula.

Fig. 322.

Fig. 322. Blumenblattartige Narben von Iris.

loidea) bei Iris (Fig. 322), wo eine Querfalte die Mündung des Griffelkanals andeutet. Die Narben bleiben in der Mehrzahl der Fälle frei, wenn auch die Carpelle und die Griffel mit einander verwachsen, so dass man an der Zahl der einzelnen Lappen die Anzahl der den Fruchtknoten zusammensetzenden Carpelle erkennen kann. Dagegen kommen auch bei einblätterigen Fruchtknoten zweischenkelig gespaltene Narben vor, wie z. B. bei den Gräsern (Fig. 319 u. 320).

Schliesslich wäre hier nun noch die aus einer Verwachsung der Staubblätter mit Griffel und Narbe hervorgehende Griffelsäule (Gynostemium) zu erwähnen, welche namentlich bei Orchideen sehr ecclatant, bei dieser Familie auch speziell beschrieben werden soll. Bei den Aristolochiaceen (Fig. 277) sitzen die Antheren unter den einzelnen Narbenlappen dem Fruchtknoten oder einer diesen umgebenden Scheide aufgewachsen. Man nennt solche Pflanzen gynandrische, und gründete auf dieses Verhältniss Linné seine 20. Klasse.

Elftes Kapitel.

Die Frucht.

§. 85. Nach vollzogener Befruchtung der Samenknospen oder Eichen bilden sich die letzteren zu Samen aus und der Stempel wird, nachdem er verschiedene Umwandlungsphasen durchgemacht, schliesslich zur Frucht, welche die allmälig heranreifenden Samen einschliesst. An der Fruchtbildung sind in der Regel Stempel und Narbe nicht betheiligt, sondern sie welken mit den übrigen Blattkreisen der Blüthe und fallen mit diesen ab. In denjenigen Fällen dagegen, wo der Kelch oder die Blüthenhülle, wie bei dem unterständigen Fruchtknoten, mit diesem verwachsen sind, nehmen dieselben an der Fruchtbildung Antheil, wie z. B. bei den Pomaceen, wo der fleischig werdende Unterkelch die eigentliche Frucht einschliesst.

Die Früchte (Fructus) sind theils ächte (F. veri), wenn an der Bildung derselben lediglich nur der Fruchtknoten mit den in demselben eingeschlossenen Eichen Antheil nimmt, oder unächte (F. spurii), auch Scheinfrüchte genannt, wenn auch andere Theile der Blüthe an der Fruchtbildung sich betheiligen. Früchte, welche zwar einzeln, aber auf einer gemeinsamen Spindel stehen und früheren Blüthenständen entsprechen, nennt man Fruchtstände, ohne Rücksicht darauf, ob die einzelnen Früchtchen getrennt bleiben, wie bei der Traube, oder mit einander verwachsen, wie bei der Maulbeere, obgleich bei letzteren Fruchtständen die Verwachsung wohl in Betracht gezogen wird.

Von denjenigen Blüthentheilen, welche an der Bildung der Scheinfrüchte betheiligt sein können, führen wir beispielsweise die folgenden an: Bei der Feige ist es die gemeinsame Fruchtspindel (Receptaculum commune), welche birnförmig geschlossen, in ihrem Innern die kleinen Schliessfrüchtchen in ihr Fleisch eingesenkt trägt; bei Dorstenia schliesst sich die flache Fruchtspindel dagegen nicht, sondern bleibt ausgebreitet. Der Unterkelch (Hypanthium) wird fleischig und schmilzt mit der Frucht, z. B. bei den Pomaceen, Granateen etc. Das Perigon betheiligt sich bei der Fruchtbildung von Morus, wo es saftig wird, bei Carex, wo es eine schlauchartige Hülle bildet. Der Kelch wächst weiter aus und umschliesst die Frucht bei Physalis, bei Corylus etc., oder dessen Saum bildet den Pappus bei den Compositen. Der Stempelträger (Gynophorum) oder der sich verlängernde Blüthenboden wird fleischig, obstartig bei Semecarpus, wo er die Frucht an seiner Spitze oder die Carpellen in seine Substanz eingesenkt trägt, wie bei Fraga-

ria etc. Am Hopfen wachsen die Deckblätter zu einem Zapfen (Strobilus) aus, bei der Eiche zur Becherhülle (Cupula), kurz es kommen die verschiedensten Verhältnisse bei der Bildung der falschen Früchte vor.

Einfach (Fructus simplex) wird die Frucht genannt, wenn sie aus einem einfachen Stempel hervorgegangen ist, wie z. B. die Pflaume etc.; vielfach (F. multiplex), wenn sie aus mehreren in einer Blüthe entstandenen Früchten zusammengesetzt ist, wie bei Aconitum, Rubus Idaeus etc. Davon ist aber wohl die zusammengesetzte Frucht (F. compositus) zu unterscheiden, welche aus den Stempeln verschiedener durch Verwachsung vereinigter Blüthen entstanden ist, wie die Maulbeere, Ananas etc.; diese Fruchtform wird auch als Sammelfrucht (Syncarpium) bezeichnet, und werden wir später auf dieselbe zurückkommen.

Die von den mannichfach veränderten Fruchtblättern gebildete Umhüllung der Samen wird gewöhnlich als Fruchtgehäuse oder Fruchthülle (Pericarpium) bezeichnet und kommen ausser den dieselbe zusammensetzenden Schichten noch die Nähte an der Fruchthülle, die Scheidewände im Innern und die Regionen an der Peripherie in Betracht.

Die an der Frucht zu unterscheidenden Regionen sind: Deren Basis, oder die Stelle, an welcher die Frucht angeheftet ist; die Spitze (Apex), entsprechend der Insertionsstelle des Griffels oder der Narbe. Die der Fruchtachse zugewendete Fläche des Carpells wird wie bei dem Fruchtknoten die Bauchfläche genannt, die entgegengesetzte die Rückenfläche.

§. 86. Die Fruchthülle (Pericarpium) lässt in der Regel drei mehr oder weniger deutliche Schichten erkennen, welche je nach ihrer Ausbildung verschiedene Consistenz und Structur zeigen.

Die äussere Fruchthaut (Epicarpium) bedeckt die Frucht an ihrer Oberfläche und besteht in der Regel aus ziemlich derbwandigen Zellen; aussen ist sie theils glatt und kahl, wie bei der Kirsche, theils bereift (Fruct. pruisus), weich behaart (pubescens), wie die Aprikose, stachelig (spinosus), wie bei Datura, dornig (spinosus), wie bei Castanea etc.

Die mittlere Fruchthaut (Mesocarpium) ist ein parenchymatöses Gewebe von sehr verschiedenem Bau, durchzogen von Gefässbündeln und mitunter Oel- und Krystallzellen einschliessend; wird dieselbe saftig (M. succulentum) oder fleischig (carnosum), so nennt man sie auch mitunter Fleischhülle oder Fruchtfleisch (Sarcocarpium). Mitunter besteht diese Schicht auch aus zwei verschiedenen Lagen, von welchen die äussere

saftig, fleischig, die innere, an die innere Fruchthaut grenzende und oft mit letzterer verwachsene, derber ist und aus mehr lederartigen oder aus verholzten Zellen besteht.

Die innere Fruchthaut (Endocarpium) kleidet die Höhlungen oder Fächer der Frucht aus, wie sie auch die Scheidewände selbst bildet; dieselbe ist von verschiedener Consistenz, wie z. B. bei dem Apfel pergamentartig (E. pergamenum), bei der Steinfrucht (Drupa) holzig (E. lignosum). Als Beispiele für die verschiedenen Fruchtschichten führen wir den Apfel und die Pflaume an; bei beiden ist die äussere, abziehbare Schale das Epicarpium, das darunter liegende Fleisch das Meso- oder Sarcocarpium, das Samengehäuse bei ersterem, die Steinschale (Putamen) bei letzterer das Endocarpium.

Der innere Bau der Frucht ist von dem Bau des Fruchtknotens und von den bei der Entwicklung des letzteren eintretenden Veränderungen abhängig; wir haben demnach oberständige Früchte (Fr. superi), unterständige (F. inferi), halbunterständige (Fr. semiinferi); für erstere finden sich Beispiele bei den Leguminosen, Amygdaleen etc., für die zweiten die Umbelliferen, Compositen, für halbunterständige Früchte: Sambucus, Hedera etc.

Die Scheidewände (Dissepimenta) sind entweder schon im Fruchtknoten vorhanden (ächte Scheidewände) oder sie entstehen erst später (falsche); dieselben sind nur vollständige, wenn sie die Wände mit der Achse verbinden; verlaufen sie parallel mit letzterer, so nennt man sie Längswände (D. longitudinalia); wenn sie mit letzterer einen Winkel bilden, wie in der Cassia Fistula, — Querscheidewände (S. Septa). Die Scheidewände begrenzen die als Fächer (Loculi) bezeichneten Höhlungen der Früchte, nach welchen diese ein-, zwei-, mehrfächerig, (uni-, bi-, multiloculares) genannt werden. Es kommen jedoch nicht immer alle in dem Fruchtknoten vorhandenen Fächer zur Ausbildung, sondern die in denselben vorhandenen Samenknospen schlagen zum Theil fehl, in welchem Falle auch die Fächer verkümmern. Dies ist sogar bei gewissen Pflanzen constant der Fall, wie z. B. bei Valeriana, wo der Fruchtknoten zwar dreifächerig ist, aber nur in einem Fach ein Samen sich entwickelt, während zwei Fächer steril bleiben und verkümmern. Die Eiche zeigt in ihrem Fruchtknoten (Fig. 323) drei Fächer mit je zwei achsenständigen Eichen; von letzteren kommt aber regelmässig nur eines zur Entwicklung und die Frucht wird durch Verkümmerung der übrigen Fächer und

Fig. 323.

b

Fig. 323. Querschnitt durch den Stempel d. Eiche.

Eichen einsamig und einfächerig; auch bei Tilia entsteht das einfächerige, einsamige Nüsschen aus einem mehrfächerigen Fruchtknoten in Folge von Fehlschlagen.

§. 87. Das Aufspringen (Dehiscentia) der Frucht findet statt in Folge des Austrocknens des Parenchyms, und zwar gewöhnlich in den Nähten, aber meist in für gewisse Pflanzen ganz bestimmter Weise; man unterscheidet hauptsächlich:

a) Aufspringen der Länge nach (D. longitudinalis), also parallel mit der Achse; dies geschieht bei den aus einem Carpellarblatt gebildeten Früchten in der Regel an der Bauchnaht allein oder indem sie sich in ihre beiden Hälften spalten; für ersteren Fall bilden die Früchte von Veratrum Sabadilla ein Beispiel, für den zweiten die meisten Hülsenfrüchte, z. B. die Erbse (Fig. 324). Man nennt dabei die sich von den Nähten trennenden Theile der Frucht Klappen, daher das Aufspringen ein klappiges (D. valvaris), wobei sich die Frucht in der Regel in so viele Klappen theilt, als Carpelle vorhanden sind, wie Fig. 325.

Fig. 324.

Fig. 324. Aufspringende Hülse der Erbse.

Fig. 325.



Fig. 325. Dreifächerige Kapsel, klappig aufspringend.

Fig. 326.

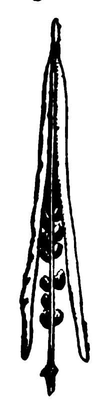


Fig. 326. Aufspringende Schote von Chelidonium.

Trennen sich die Klappen so von den Nähten, dass diese als ein Rahmen (Replum) zurückbleiben, so wird diese Art des Aufspringens als fensterartig (D. fenestralis) bezeichnet, wie bei Chelidonium (Fig. 326), bei den Orchideen etc. Die Trennung der Klappen kann entweder eine vollständige sein und zwar entweder von oben nach unten, wie Fig. 324, oder von unten nach oben, wie bei Cinchona etc. stattfinden; lösen sich die Klappen nur theilweise, indem sie zur Hälfte noch vereinigt bleiben, so nennt man das Aufspringen halbklappig (semival-

varis), ohne Rücksicht darauf, ob sie sich von oben oder von unten lösen.

Treten die Klappen nur in der Mitte der Früchte spaltartig auseinander, während sie oben und unten verbunden bleiben, so nennt man das Aufspringen spaltig (D. fissuralis), wie bei Saxifraga, Oxalis etc.

Fig. 327.

Fig. 327. Kapsel von Cerastium, mit Zähnen aufspringend.

Oeffnen sich die Nähte, indem sie sich nur an der Spitze der Frucht lösen, wie Fig. 327, so wird das Aufspringen als zähniges (D. dentalis) bezeichnet, wie bei Cerastium, Lychnis etc.; hierher gehört auch das Aufspringen mit Ritzen (D. rimosa) und das mit Löchern (D. porosa), wie bei Papaver, wo sich die Fruchtklappen nur auf kleiner Strecke oder nur an der Spitze öffnen und zurückschlagen, oder am Grunde, wie bei Campanula-Arten. Bei dem klappigen Aufspringen mehrfächeriger Früchte kommt hauptsächlich die Stellung der Scheidewände zu den Klappen in Betracht und zwar sind die folgenden Fälle bekannt:

Oeffnet sich die Frucht bei doppelten Scheidewänden in den Wandnäthen, wobei sich die Scheidewände in ihre beiden Lamellen spalten und an den Rändern der Klappen stehen bleiben, so nennt man das Aufspringen scheidewandspaltig (D. septicida), wie das Schema Fig. 328 zeigt; dies findet statt bei Cinchona, Verbascum etc. Sind die Scheidewände einfach und centripetal, so öffnen sich die Früchte zwischen den Scheidewän-

Fig. 328.

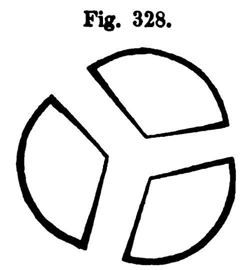


Fig. 328. Schema der Dehiscentia septicida.

Fig. 329.

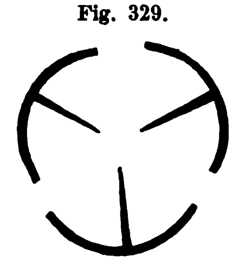


Fig. 329. Schema der D. loculicida.

Fig. 330

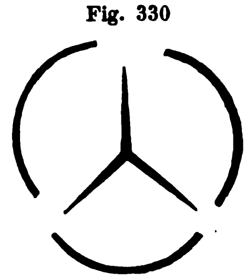


Fig. 330. Schema der D. septifraga.

den und letztere bleiben in Mitte der Klappen stehen, was man fachspaltig (D. loculicida) nennt, wie bei Aesculus, Erica (Fig. 329) etc. Bei einfachen centrifugalen Scheidewänden lösen sich beim Aufspringen dieselben von den Klappen und bleiben am Mittelsäulchen stehen, wie Fig. 330, was man scheide-

wandbrüchig (D. septifraga) nennt; als Beispiel hierfür dient Datura etc.

Seltener ist das Aufspringen der Quere nach (D. transversalis), wenn es im rechten Winkel zur Achse stattfindet, und zwar entweder umschnitten (D. circumscissa), wobei der obere Theil der Kapsel völlig frei ist, wie Fig. 331, bei Anagallis, oder mit den Scheidewänden zusammenhängend, aber dennoch deckelartig sich lösend, wie bei Hyosciamus (Fig. 332).

Fig. 331.



Fig. 331. Kapsel von Anagallis, umschnitten aufspringend.

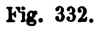


Fig. 332.



Fig. 332. Kapsel von Hyosciamus, mit Deckel aufspringend.

Endlich wird noch ein Aufspringen in Knöpfen (D. in coccis) unterschieden, wobei sich die Frucht in einzelne, für sich geschlossen bleibende Theile ihrer Länge nach spaltet, wie z. B. die Theilfrüchtchen (Mericarpia, Schizocarpia) der Umbelliferen, verschiedener Malvaceen etc.; oder die einzelnen Theile öffnen sich in den Nähten, wie z. B. bei den Euphorbiaceen. Endlich wäre hier noch als Theil der Frucht der Samenträger (Spermophorum s. Placenta) zu erwähnen, welcher, mehr oder weniger deutlich entwickelt, die Samen trägt; derselbe ist entweder frei und mittelständig, wie bei den Primulaceen (Placenta centralis libera), oder wandständig (Pl. parietalis), wie bei Viola, oder mit den Scheidewänden verwachsen (P. adnata), wie bei Datura (Fig. 333).

Fig. 333.

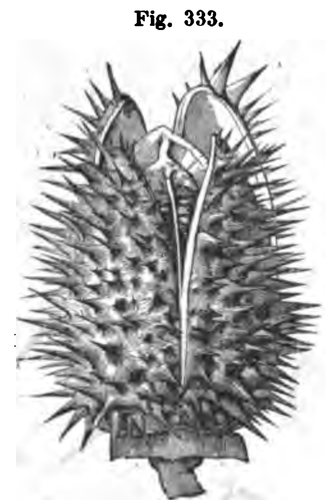


Fig. 333. Geöffnete Kapsel von Datura, durch Wucherung der Placenta am Grunde vierfächerig.

§. 88. Betrachten wir nun die wichtigsten Arten der ächten Frucht, so ergeben sich zunächst für diese Fruchtform die zwei Abtheilungen der Trockenfrüchte (Fr. exsucci) und der Saft- oder Fleischfrüchte (Fr. succosi s. carnosi); die ersteren zerfallen wieder in die Schliessfrüchte (Achaenia), welche nicht bei der Reife aufspringen, in Spaltfrüchte (Schizocarpia), welche bei der Reife sich in ein- oder wenig-

samige Theile spalten und in Kapselfrüchte (Fr. capsulares), welche aufspringen; an diese ächten Früchte schliessen sich dann die verschiedenen Arten der Scheinfrüchte an.

A. Aechte Früchte.

I. Schliessfrüchte (Achaenia) sind überhaupt sämmtliche nicht aufspringende, einsamige Trockenfrüchtchen; hierher gehören:

a) Die Schliessfrucht (Achaenium) in engerem Sinn, welche von einem trocknen, membranösen Fruchtgehäuse umgeben, aus einem unterständigen Stempel hervorgegangen und deshalb oft mit der Blüthenhülle oder, wie bei den Compositen, mit der Kelchröhre verwachsen und von dem Saume derselben, dem bereits oben berührten Pappus oder der Federkrone, gekrönt ist; ausser den Früchtchen der Compositen gehören hierher noch jene der Valerianeen, Dipsaceen etc. (Fig. 334).

Fig. 334.

Fig. 334. Früchtchen von Scorsonera.

Fig. 335.

Fig. 335. Carpell von Ranunculus.

b) Die Gras- oder Schalfrucht (Caryopsis) ist gleichfalls eine einsamige, nicht aufspringende Frucht, deren Pericarp mitunter, wie bei verschiedenen Gräsern, mit den Samenhäuten (wie bei der Gerste) verwachsen ist, oder auch von letzteren getrennt, wie z. B. bei Ranunculus (Fig. 335), wo sie aber aus einem oberständigen Stempel hervorgegangen ist. Zuweilen ist die Caryopse durch den bleibenden Griffel geschwänzt (C. caudata), wie bei Clematis, Geum etc.; ist das Pericarp hart und zerbrechlich, wie z. B. bei Cannabis, so nennt man diese Früchtchen auch Nüsschen (C. nuculaceae).

c) Die Nuss ist eine mehrsamige oder durch Abortus einsamige Frucht mit lederartigem oder holzigem Gehäuse, welches mit dem Samen nicht verwächst, wie namentlich bei den Cupuliferen, wo sie noch von einer aus einer Verwachsung von Bracteen hervorgegangenen eigenen Hülle, der sogenannten Becherhülle (Cupula), wie bei Quercus (Fig. 336), umgeben ist; ausserdem kann sie auch von den ausgewachsenen Blüthenhüllen umgeben sein, wie bei Corylus.

Fig. 336.



Fig. 336. Früchte von Quercus mit der Cupula.

d) Die Flügelfrucht (Samara) ist eine einsamige, nicht aufspringende, oberständige Frucht, deren Hülle mit einem oder mehreren

membranösen Fortsätzen oder Flügeln versehen ist, wie z. B. bei der Ulme (Fig. 337), bei Betula, Rheum etc. Bei dem Ahorn zerfällt dieselbe bei der Reife in zwei, je einen Samen umschliessende Hälften, und ist also dort zugleich eine Theilfrucht (Fig. 338).

§. 89. II. Spaltfrüchte oder Theilfrüchte (Schizocarpia) bilden eine eigene Abtheilung der Trockenfrüchte und

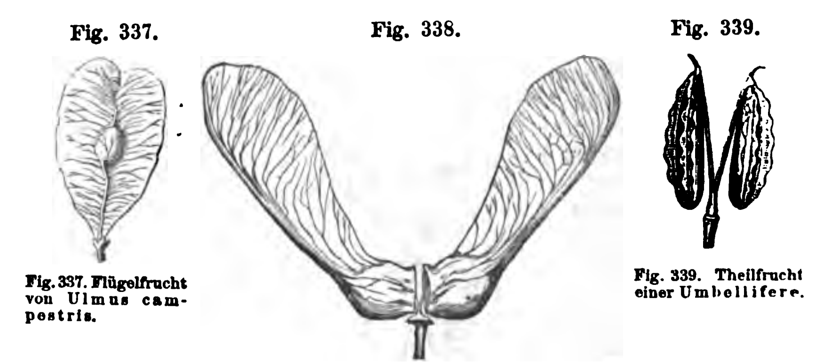


Fig. 337. Flügelfrucht von Ulmus campestris.

Fig. 338. Flügelfrucht vom weissen Ahorn.

Fig. 339. Theilfrucht einer Umbellifere.

entstehen aus einem aus mehreren Carpellen zusammengesetzten Stempel, welcher sich nach seiner Ausbildung zur reifen Frucht in die einzelnen aber geschlossen bleibenden Carpelle theilt, wie bei den Malvaceen, Boragineen, Labiaten etc.; bei den beiden letzteren nennt man die einzelnen Theilfrüchtchen (Mericarpia) auch Nüsschen oder Schliesskapsel (Carcerulus). Die wichtigsten Formen der Spaltfrüchte sind, ausser den genannten, welche sämmtlich aus einem oberständigen Fruchtknoten hervorgehen:

a) Die Doldenfrucht, die der Familie der Umbelliferen eigenthümliche, aus einem unterständigen, aus zwei Carpellen zusammengesetzten Fruchtknoten hervorgegangene Frucht, welche sich bei der Reife der Länge nach meist in zwei Theilfrüchtchen (Mericarpia), entsprechend der Anzahl der Carpelle, spaltet, von welchen jedes einen Samen umschliesst. Da die beiden Mericarpien meist von der Spitze eines fadenförmigen, oft gabelig gespaltenen, freien oder mit dem Fruchtgehäuse verwachsenen Fruchtträgers, Carpophorum (Fig. 339), herabhängen, hat man sie auch Hängefrüchtchen (Cremocarpia) genannt. Jedes einzelne Früchtchen ist von dem bleibenden Griffel gekrönt, welcher selbst wieder bei verschiedenen Gattungen von einer drüsigen Scheibe (Griffelpolster, Stylopodium) getragen wird und mehr oder weniger deutlich noch den Kelchrand erkennen

lässt (Fig. 340). Die Fläche, womit sich die beiden Theilfrüchtchen berühren, heisst die Fugen- oder Commissuralfläche (Commissura). Die dieser entgegengesetzte Rückenseite der Früchtchen ist meist gewölbt und trägt fünf hervorstehende fadenförmige Längsleisten, Rippen oder Riefen, auch Hauptrippen (Juga, Fig. 340) genannt, in welchen die Gefässbündel des Pericarps verlaufen und zwischen welchen die sogenannten Thälchen (Valleculae) liegen; letztere schliessen meist mit ätherischem Oel erfüllte Canäle ein (die sogenannten Striemen, Vittae), oder tragen auch Nebenrippen (Juga secundaria), welche dann vier an der Zahl in der Form von den Hauptrippen abweichen (Fig. 341). Auch die Commissuralfläche trägt mitunter Oelstriemen, wie z. B. bei Petroselinum, Foeniculum etc.; andere Früchte zeigen keine Oelstriemen, wie jene von Anthriscus, Conium etc., dagegen führen die letzteren in quadratischen Zellen der inneren Fruchthaut das Coniin (Fig. 343 II). Die Gestalt der Riefen ist eine sehr verschiedene, fadenförmig (Juga filiformia), wie bei dem Fenchel etc., geschlängelt (J. flexuosa), wie bei dem Coriander (Fig. 344 I), gekerbt (J. crenata), wie bei Conium (Fig. 343 I), borstig, wie die Hauptriefen von Daucus (Fig. 342 I) oder stachelig (J. aculeata), wie dessen Nebenriefen etc.

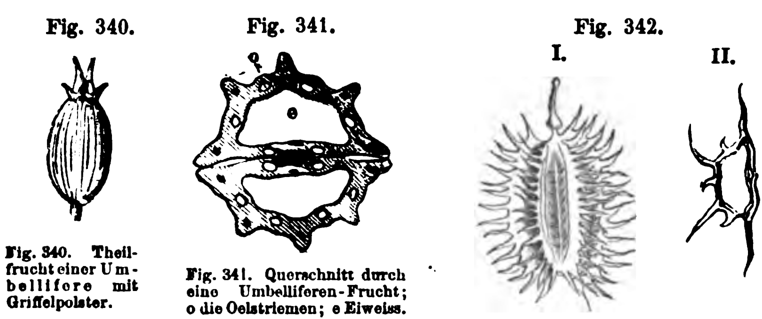


Fig. 340. Theilfrucht einer Umbellifere mit Griffelpolster.

Fig. 341. Querschnitt durch eine Umbelliferen-Frucht; o die Oelstriemen; e Eiweiss.

Fig. 342. I. Frucht von Daucus, II. dieselbe im Querschnitt.

Die Fruchtform ist für die Eintheilung der Umbelliferen von Wichtigkeit, wie wir bei der Betrachtung dieser Familie noch sehen werden, besonders kommt aber für dieselbe die Gestalt des Eiweisskörpers in Betracht. Diese kommt auf dem Querschnitt zur Anschauung und zwar auf der Commissuralfläche. Verläuft das Eiweiss völlig eben, ohne Ausbuchtung oder Furche, wie Fig. 342 II, so gehört die Frucht zur Abtheilung der Geradsamigen, Orthospermae; zeigt die gegen die Commissur gewendete Fläche eine Furche, wie Fig. 343 II, so nennt man die Abtheilung Ge-

furchtsamige (Campylospermae) und wenn das Eiweiss auf dem Querschnitt sichelförmig erscheint, wie Fig. 344 II — Hohlsamige (Coelospermae).

Von anderen Theilfrüchten erwähnen wir hier noch die Gliederhülse (Lomentum), welche sich der Quere nach in einzelne, geschlossene, je einen Samen einschliessende Theile trennt, wie Fig. 345 und wie bei der Gliederschote (Siliqua lomentacea) von Raphanus Raphanistrum etc.; dass genau genommen auch die Flügelfrucht des Ahorn hierhergehört, haben wir schon oben bemerkt.

Fig. 343.

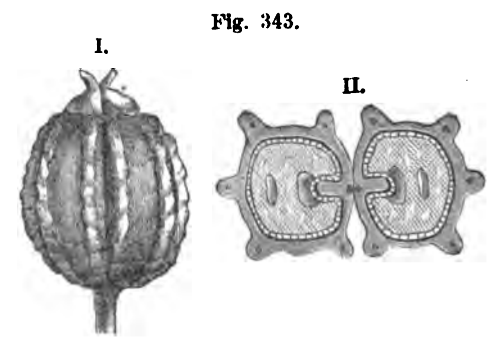


Fig. 343. I. Frucht von Conium, II. Dieselbe im Querschnitt.

Fig. 344. Fig. 345.

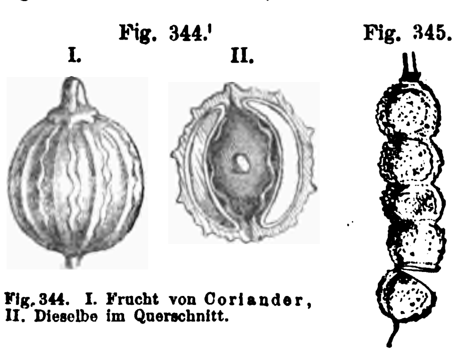


Fig. 344. I. Frucht von Coriander, II. Dieselbe im Querschnitt.

Fig. 345. Gliederhülse von Hedysarum.

§. 90. III. Kapselfrüchte (Fructus capsulares); hierher gehören folgende, sämmtlich aufspringende Formen:

a) Die Kapsel (Capsula), eine aus mehreren, bei der Reife nach bestimmten Gesetzen sich von einander ganz oder theilweise lösenden, Carpellen bestehende Trockenfrucht, welche ein- bis mehrfächerig, viel- oder, durch Fehlschlagen, einsamig sein kann. Je nach der Stellung des Stempels ist sie eine oberständige (C. supera) oder unterständige (C. infera); für den ersten Fall bieten Beispiele: Datura, Hyosciamus, Lilium etc., für den zweiten die Orchideen, Irideen, Scitamineen etc. (Fig. 333).

b) Die Balgkapsel (Foliculus) ist eine einfächerige, mehrsamige, aus einem Carpell gebildete Kapsel, welche sich an der Bauchnaht, an deren Ränder die Samenträger angeheftet sind, öffnet, wie bei den Ranunculaceen, Asclepiadeen etc.; sie stehen meist zu mehreren auf dem Receptaculum (Fig. 346).

c) Die Schlauchfrucht (Utriculus) ist eine einsamige.

locker von der, gewöhnlich der Quere nach aufspringenden, Hülle umschlossene Kapselfrucht, wie solche bei den Amaranthaceen, Chenopodiaceen etc. vorkommt.

d) Die Schotenfrucht (Siliqua); die der Familie der Cruciferen eigenthümliche Frucht ist aus zwei Carpellen zusammengesetzt, welche an ihren verdickten gegenständigen Nähten

Fig. 346.

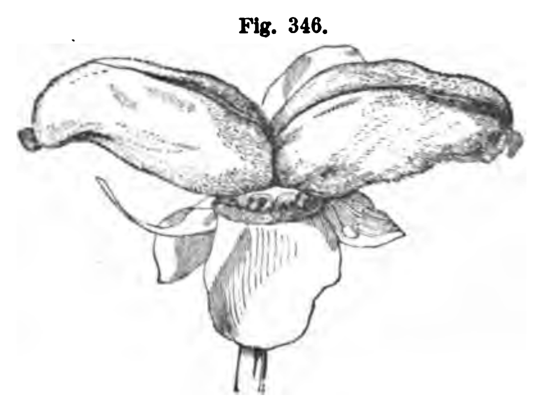


Fig. 346. Balgkapseln von Paeonia.

Fig. 347.



Fig. 347. Schote mit sich ablösenden Klappen.

die Samen tragen; eine die beiden Nähte verbindende, membranöse Scheidewand theilt die Schote in zwei Fächer (Fig. 347). Die Samen sind zweireihig angeordnet und die Klappen lösen sich von unten nach oben und zeigen sich an ihrer Oberfläche theils eben, theils bauchig, gewulstet, gekielt, geflügelt etc. Ist die Frucht wenig länger, als breit, so wird sie als Schötchen (Silicula) bezeichnet, worauf die Linné'sche Eintheilung der 15. Klasse in Siliquosae und Siliculosae beruht; eine andere Differenz ergiebt sich dadurch, dass die Scheidewand, auf dem Querschnitt gesehen, im grossen (Fig. 348) oder im kleinen Durchmesser (Fig. 349) steht; erstere nennt man breitwandige (S. latiseptae), letztere schmalwandige (S. angustiseptae) Schötchen. Die Gliederschote (S. lomentacea) haben wir bereits oben bei der Theilfrucht erwähnt. Die bereits Fig. 326 abgebildete schotenartige Kapsel von Che-

Fig. 348.

a

b

Fig. 348. Breitwandiges Schötchen von Camelina.

Fig. 349.



Fig. 349. Schmalwandiges Schötchen v. Capsella.

lidonium ist dadurch von der eigentlichen Schote verschieden, dass sie einfächerig ist und mit Hinterlassung eines Rahmens (Replum) aufspringt.

e) Die Hülse (Legumen) ist eine einfächerige, aus einem Carpell gebildete, der Familie der Leguminosen eigenthümliche Frucht, welche die Samen an der Bauchnaht trägt und mit zwei Spalten längs der letzteren und der der Mittelrippe des Carpells entsprechenden Rückennaht aufspringt (Fig. 324); zuweilen erscheint die Hülse fast zweifächerig, wenn die Bauchnaht sehr weit hereingeschlagen ist, wie z. B. bei Astragalus; die Gliederhülse (Lomentum) ist bereits Fig. 345 angeführt und gehört zu den Theilfrüchten. Uebrigens giebt es auch nicht aufspringende Hülsen, wie die durch Querfächer getheilten und mit musartigem oder festem Fleisch versehenen von Bactyrilobium (die Cassia fistula der Apotheken), jene der Tamarinde, des Johannisbrods etc., ebenso auch die einsamigen, wie z. B. jene des Klees (Trifolium) etc. Eigenthümliche Formen der Hülsenfrucht findet man bei Scorpiurus, wo sie eingerollt erscheint, dann schneckenförmig oder schraubenförmig bei gewissen Arten von Medicago etc.

IV. Saft- oder Fleischfrüchte (Fructus succosi s. carnosi.

Als solche bezeichnet man diejenigen Früchte, welche in der Regel nicht aufspringen und bei welchen die Mittelschicht (Mesocarpium) gewöhnlich sehr entwickelt, meist fleischig-saftig, wie bei der Kirsche, den Pomeranzenfrüchten etc., oder auch trocken, faserig ist, wie z. B. bei der Cocosnuss, weshalb eigentlich diese Benennung keine ganz richtige ist. Dagegen gehören gewisse saftige Früchte, wie die Apfelfrucht, die Erdbeere, Himbeere etc. nicht hierher, weil sie keine ächten Früchte sind, wie überhaupt genau genommen auch nicht die aus einem unterständigen Fruchtknoten entstandenen Beeren, wie z. B. jene der Ribes-, Vaccinium-Arten etc., weil dieselben von dem Kelch gekrönt und mit diesem verwachsen sind; doch gehen dieselben in der Regel unter dieser Benennung. Die wichtigsten hierhergehörigen Fruchtformen sind:

Fig. 350.

Fig. 350. Beere von Solanum im Querschnitt.

a) Die Beere (Bacca), eine nicht aufspringende, ein- (Berberitze) oder, mehr oder weniger deutlich, mehrfächerige, fleischig-saftige, von einem membranösen oder pergamentartigen Endocarpium ausgekleidete, ein- oder mehrsamige Frucht (Fig. 350). Eine besondere Form der Beerenfrucht, welche deshalb auch mitunter als selbstständige betrachtet und Kürbisfrucht (Peponium oder Pepo) genannt wird, ist diejenige der Cucurbitaceen; es ist

dies eine unterständige, aus drei Carpellen (wie die Anzahl der Griffel beweist) gebildete Beere, welche ursprünglich dreifächerig, mit drei wandständigen, centripetalen Samenträgern versehen ist, die in der Mitte zwar zusammenstossen, dort sich aber in zwei Lamellen spalten, welche sich nach beiden Seiten gegen die Peripherie zurückschlagen, und indem sie sich gegen die Wandung des Fruchtgehäuses hin noch einmal im Bogen umbiegen, an dem Rande jeder Lamelle die Samen tragen und so die

Fig. 351.

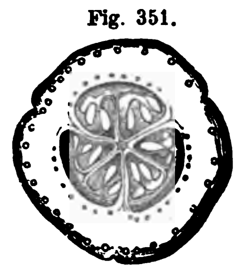


Fig. 351. Querschnitt der Kürbisfrucht.

Fig. 352.

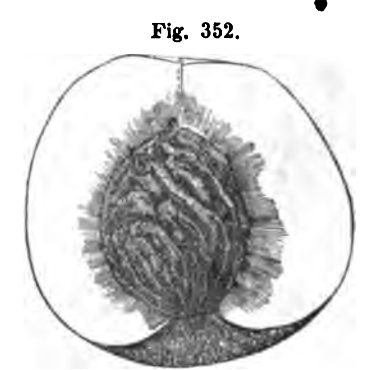


Fig. 352. Steinfrucht von Persica im Längsschnitt.

Frucht scheinbar sechsfächerig machen; es kommen auf diese Weise in jedes Fach die Samen je einer Hälfte der benachbarten getheilten Samenträger zu liegen (Fig. 351).

b) Die Steinfrucht (Drupa) ist eine nicht aufspringende, meist saftig-fleischige Frucht (Fig. 352), als deren Typus die Früchte der meisten Drupaceen bezeichnet werden kann; trocken ist dieselbe z. B. bei dem Mandelbaum, ebenso, dabei grobfaserig, bei der Cocosnuss (Fig. 353). Die äussere Schicht (Pericarpium) ist bei den saftigen Früchten dünn hautartig, bei den trocknen derber; das Mesocarpium in seinen äusseren Schichten fleischig, saftig,

Fig. 353.

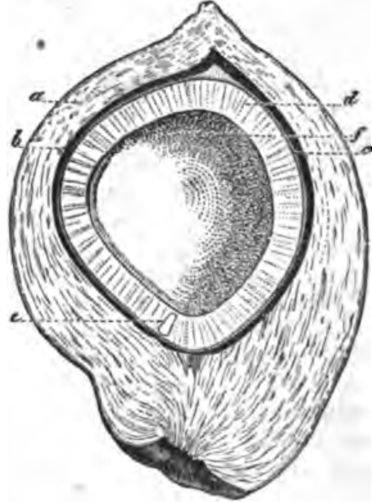


Fig. 353. Längsschnitt durch die Frucht von Cocos; a Epicarpium, b Endocarpium, c Samenschale, d Eiweiss, e Keim, f Höhlung im Eiweiss mit milchiger Flüssigkeit erfüllt.

oder lederartig, faserig, während die verholzte innere Schicht die Steinschale (Putamen) darstellt. Letztere ist innen von dem zarten, glatten Endocarpium mit einem glänzenden Ueberzug ausgekleidet und umschliesst eine oder mehrere Samen. Mitunter enthält die Steinfrucht auch mehrere Steinkerne (Fructus polypyrena), wie z. B. bei den Rhamneen, welche als Pyrenae bezeichnet werden. Zusammengesetzte Steinfrüchte (Drupae compositae) finden wir bei Rubus, wo die zahlreichen, einem kegelförmigen Receptaculum aufsitzenden Steinfrüchtchen miteinander verwachsen und als zusammenhängende Masse von dem Träger abgenommen werden können (Fig. 354).

Fig. 354.

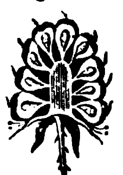


Fig. 354. Längsschnitt durch den Fruchtstand von Rubus.

Fig. 355.

C E T

Fig. 355. Längsschnitt durch die Apfelfrucht; C Kelch, E Samengehäuse, T Fruchtfleisch.

Die Wallnuss, deren äussere Schale bei völliger Reife in unregelmässige Stücke zerreisst, wird gewöhnlich zu den Steinfrüchten gerechnet; einige Autoren betrachten sie als eine besondere Fruchtform und nennen sie Schlaue, Leife (Naucum), englische Autoren Tryma.

§. 92. B. Falsche Früchte, Schein-, Sammelfrüchte.

Hierher gehören, wie bereits oben bemerkt, sowohl jene Früchte, an deren Bildung noch andere Blüthentheile als der Stempel sich betheiligt haben, als auch Fruchtstände und Samenstände, welche letztere die Stelle der Früchte vertreten, wie bei den Gymnospermen (Coniferen, Cycadeen), welche keinen Fruchtknoten, sondern nackte Samenknospen hervorbringen.

Zu den Scheinfrüchten zählt man:

a) Die Apfelfrucht (Pomum Fig. 355), eine von dem fleischig gewordenen Unterkelch völlig umschlossene Scheinfrucht, welche ein pergamentartiges oder verholztes, aus fünf Carpellen zusammengesetztes Samengehäuse einschliesst; jedes der fünf Fächer enthält zwei Samen, bei der Quitte dagegen zahlreiche; je nach der Consistenz des Samengehäuses unterscheidet man den Kernapfel (P. capsulare), wohin der Apfel, die Birne etc. gehören, und den Steinapfel (P. pyrenatum), mit holzigen Fächern, wie bei Mespilus, Crataegus etc.

b) Die **Rosenfrucht** ist gleichfalls eine Scheinfrucht, entstanden aus dem krugförmigen Unterkelch, welcher aber oben offen bleibt und vom Kelch gekrönt, zahlreiche gestielte Caryopsen einschliesst; sie ist besonders dem Genus **Rosa** eigenthümlich.

c) Die **Erdbeerfrucht** besteht aus dem fleischig gewordenen Receptaculum, welches die kleinen Schliessfrüchtchen halb eingesenkt trägt.

d) Der **Fruchthaufen** (Sorosis) besteht aus den von dem fleischig gewordenen Perigon umschlossenen, durch Verwachsen vereinigten Schliessfrüchtchen (Fig. 356); bei der **Ananas-Frucht** (Fig. 213) sind die einzelnen Beeren dicht gedrängt unter sich und mit der fleischigen Achse des Blüthenstandes verwachsen, während die letztere aus der Spitze des Fruchtstandes wieder unter Bildung von Laubblättern hervortritt.

Fig. 356.



Fig. 356. Fruchtstand von **Morus**.

e) Die **Feigenfrucht** (Siconium) ist ein einem Aste entsprechender, krugförmig zusammengezogener und an der Spitze mit einem, von schuppigen Deckblättchen verschlossenen, Kanal

Fig. 357. Fig. 358. Fig. 359.

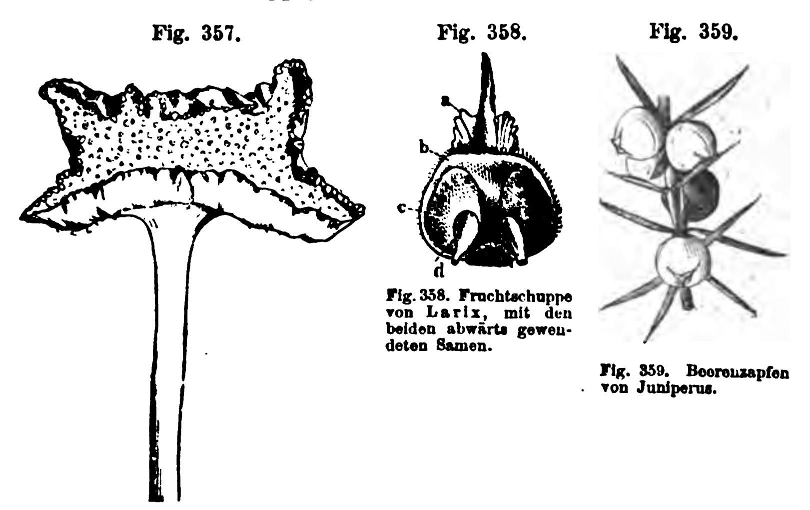


Fig. 357. Fruchtstand von **Dorstenia**.

Fig. 358. Fruchtschuppe von **Larix**, mit den beiden abwärts gewendeten Samen.

Fig. 359. Beerenzapfen von Juniperus.

versehener Fruchtstand, in dessen Innenwand die zahlreichen Schliessfrüchtchen eingeschlossen sind; bei **Dorstenia** bleibt der Fruchtboden ausgebreitet (Fig. 220 I. und 357).

f) Als **Fruchtzapfen** (**Strobilus**) bezeichnen manche Autoren den ährenartigen Fruchtstand der **Birke**, **Erle** etc., welcher

in den Achseln der Deckblätter Schliessfrüchte, (keine nackten Samen, wie die Coniferen) trägt.

Endlich sind hier noch die Frucht-, richtiger Samenstände der Coniferen zu nennen, welche als Zapfen (Conus) bezeichnet werden; in dem weiblichen Blüthenstande bleibt der Fruchtknoten jeder einzelnen Blüthe rudimentär und wird einfach durch eine mehr oder weniger verholzende Fruchtschuppe, welche bei den Cupressineen aufrechte, bei den Abietineen umgekehrte nackte Eichen in der Achsel (Fig. 358) trägt, repräsentirt. Verschieden davon ist der Beerenzapfen (Galbulus) von Juniperus, Sabina, etc., eine durch Fleischigwerden und Verwachsen der drei Fruchtblätter entstandene falsche Beere.

Zwölftes Kapitel.

Der Samen (Semen).

§ 93. Der Samen bildet sich in Folge der Befruchtung aus dem im Fruchtknoten befindliche Eichen, welches dann, völlig zur Reife gelangt, den Keimling oder Embryo enthält; letzterer ist entweder einfach von der Samenhülle umschlossen oder in das sogenannte Eiweiss (Albumen) eingebettet, welches dann von den Samendecken umgeben ist. Man unterscheidet sonach zunächst an dem Samen den Kern (Nucleus) und die Samenhülle (Integumentum) und nennt den Samen eiweisslos (Semen exalbuminosum), wenn der Keim frei in der Hülle liegt, oder eiweisshaltig (S. albuminosum), wenn der Keim von einem Eiweiss umgeben ist. Beispiele für exalbuminose Samen geben die Leguminosen, Cruciferen etc., für eiweisshaltige jene der Umbelliferen, Euphorbiaceen, Palmen, etc.

§ 94. Die Samenhülle besteht aus einer, gewöhnlich aber aus zwei Membranen, von welcher die äussere aus meist stark verdickten Zellen bestehend, von derberer Structur ist und als äussere Samenhaut (Testa, Epispermium) bezeichnet, meistens eine lederartige, krustige oder sogar steinartige Consistenz besitzt (Lithospermum); bei gewissen Pflanzen ist die Testa von einem schleimigen Epithel überzogen, welches beim Einweichen in Wasser aufquillt und letzteres verdichtet, wie bei Cydonia, Plantago Psyllium, Linum etc. — Die den Kern unmittelbar einschliessende innere Samenhaut (Tunica interna, Tegmen, Endopleura) ist von viel zarterer Structur, nur selten etwas verdickt und entspricht der inneren Eihaut (Secundina, Membrana interna) wie die Testa der äusseren

(Primina, Membrana externa s. Nucellae); an dem Samen der Wallnuss ist das bittere, gelbe Häutchen die äussere, das weisse, innere die innere Samenhaut. An der inneren Samenhaut bemerkt man, meist an der Stelle, wo selbe mit der Basis des Samens zusammenhängt, den Hagelfleck (Chalaza) oder den inneren Nabel, nämlich die Stelle, wo die Gefässbündel des Nabelstrangs in die innere Haut eindringen und sich verbreiten (Fig. 360, B. d).

Die äussere Samenhaut ist mitunter auch von Haaren bedeckt, welche man z. B. bei Gossypium als Samenhaare (die bekannte Baumwolle), bezeichnet; andere Samen tragen Haarbüschel an der Spitze (Semina comosa), wie jene von Asclepias syriaca (Fig. 361) etc.; andere am Grunde, wie jene von Salix-Arten (Fig. 362); breitet sich die Samenhaut flügelartig aus, wie bei den Bignoniaceen (Fig. 363), so heisst der Samen ge-

Fig. 360.

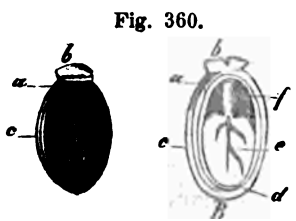


Fig. 360. Samen von Ricinus; a Hilum, b Keimschwiele, c Raphe; B derselbe im Längsschnitt, d die Chalaza, e der blattartige Embryo, f Albumen.

Fig. 361.

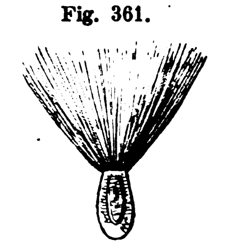


Fig. 361. Samen von Asclepias.

Fig. 362.



Fig. 362. Samen von Salix.

Fig. 363.



Fig. 363. Geflügelter Samen einer Bignoniacee.

flügelt (Semen alatum). Ferner unterscheidet man auf der Testa:

a) Den äusseren Nabel (Hilum s. Umbilicus), diejenige Stelle, mit welcher der Samen entweder direct oder mittelst des Nabelstrangs (Funiculus umbilicalis) an der Placenta befestigt ist; derselbe ist oft sehr gross und gewöhnlich deutlich zu erkennen, wie besonders bei der Bohne, Erbse, etc.

Bei gewissen Pflanzen bildet sich in Folge einer Wucherung des Nabelstrangs eine mehr oder weniger derbe Hülle, der Samenmantel (Arillus), welcher von dem Nabel an aufsteigend die Testa mehr oder weniger vollständig einhüllt; ein solcher Samen-

mantel ist z. B. die officinelle Macis an der Muscatnuss, der saftige Ueberzug der Samen von Evonymus, die zarte hautartige Membran, welche die Testa der Cardamomensamen umgiebt, der rothe fleischige Ueberzug der Samen der Eibe (364), etc. Auch die feinen Haare, welche am Grunde der Weidensamen befestigt sind, werden als zerschlitzter Samenmantel betrachtet, etc. Einige betrachten auch den Flügel der Samen von Pinus-Arten, der zur Befestigung der Samen auf dem Fruchtblatt dient, als eine Art Nabelstrang (Fig. 365).

Fig. 364.

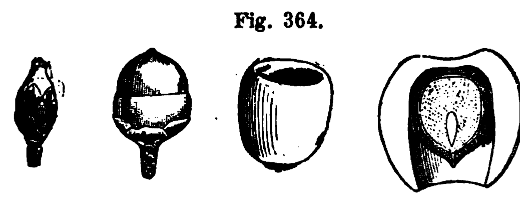


Fig. 364. Entwicklung des Arillus der Eibe.

Fig. 365.

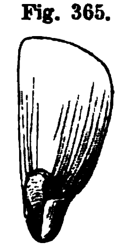


Fig. 365. Geflügelter Samen von Pinus.

b) Der Keimmund (Micropyle, siehe oben p. 137), dessen verschiedene Lage wir bereits oben bei den Stellungsverhältnissen der Eichen angegeben haben, ist mitunter durch eine warzenförmige Wucherung (Keimschwiele) angedeutet, wie z. B. bei dem Samen von Ricinus (Fig. 360 b.); derselbe giebt zugleich ein Beispiel für die Erkennung der Naht (Raphe) der gegenläufigen Samen, welche wir auch bereits bei den Eichen erwähnt haben; die zuweilen an dieser vorkommende Wucherung (Strophiola oder Nabelwulst) ist sehr deutlich an den frischen Samen des Schöllkrautes, der Haselwurz, etc. (Fig. 366) zu erkennen.

Fig. 366.

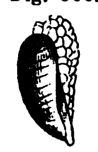


Fig. 366. Samen von Asarum mit Strophiola.

§. 95. Das Eiweiss (Albumen) ist eine zellige Masse, welche in verschiedenen Samen, die dann als eiweisshaltige bezeichnet werden, zugleich mit dem Embryo den von den Samenhäuten umschlossenen Samenkern (Nucleus seminis) bildet. Ein solches findet sich nahezu bei allen Monocotylen, wie bei einer grossen Anzahl der Dicotylen; es ist entweder ausserhalb des Embryosacks aus dem Gewebe des Eikerns selbst entstanden und heisst dann Perisperm oder, was viel seltener der Fall ist, durch Zelltheilung im Innern des Keimsacks gebildet und wird dann Endosperm genannt; mitunter sind beide zugleich vorhanden, wie bei den Piperaceen, etc. Je nach seiner Lage gegenüber dem Embryo

zeigt das Eiweiss verschiedene Verhältnisse; liegt der letztere in seiner Mitte, wie z. B. bei Iris (Fig. 367), so ist das Eiweiss peripherisch (A. periphericum); wird es vom Embryo selbst mehr oder weniger vollständig eingeschlossen, wie z. B. bei Lychnis (Fig. 368) etc., so wird es ein centrales oder umschlossenes (A. centrale s. inclusum) genannt; bei den Gräsern liegt der Embryo unten an der Seite des Eiweisses (Fig. 369), etc.

Gewöhnlich besteht das Eiweiss aus einer gleichmässig zusammenhängenden Masse, wie Fig. 367 und folgende; zuweilen aber ist es auch durch Einschlagen der inneren Samenhaut getheilt, woher z. B. die dunklen, gegen die Mitte gerichteten Streifen auf dem Querschnitte einer Muscatnuss rühren; zuweilen besteht das Eiweiss aus zwei nur locker zusammenhängenden Platten oder Lamellen, zwischen welchen der dann mehr blattartige Embryo liegt, wie bei dem Samen von Ricinus, Strychnos, Nux vomica, etc.; bei der Cocosnuss ist das Eiweiss im Innern von einer milchartigen Flüssigkeit angefüllt, welche nach und nach erst eintrocknet.

Fig. 367.



Fig. 367. Samen von Iris im Längsschnitt.

Fig. 368.

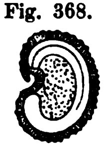


Fig 368. Samen von Lychnis.

Fig. 369.

Fig. 369. Frucht von Triticum im Längsschnitt; a Eiweiss, b der seitliche Embryo.

Auch hinsichtlich seiner Consistenz ist das Eiweiss sehr verschieden und zwar findet sich dasselbe mehlig (A. farinaceum), wie bei den Getreidefrüchten, etc., ölig-fleischig (A. oleoso-carnosum), wie z. B. bei Ricinus, etc., knorpelig (A. cartilagineum), wie bei der Dattel, etc., knochenartig (A. osseum) bei verschiedenen Palmen, etc.

§ 96. Der Embryo oder Keimling (Embryo) ist der wesentlichste Bestandtheil eines vollständig ausgebildeten Samens und bildet die Anlage zu einer neuen Pflanze, wesshalb er auch schon äusserlich die Hauptheile einer solchen, nämlich Wurzel, Achse und Blattorgane, in ihrer primitivsten Gestalt erkennen lässt. Man unterscheidet namentlich:

a) Die Achse, Stengelchen (Cauliculus) oder Schnäbelchen (Rostellum), welches später nach oben den Stengel der Pflanze und die Blätter treibt, nach unten das Würzelchen (Radicula);

b) Das oder die Keimblätter (Cotyledones), auch Samenlappen genannt, die untersten, schon im Samen ausgebilde-

ten, schon durch Form und Consistenz ausgezeichneten Blätter, aus deren Achsel das Federchen (Plumula) oder Knöspchen (Gemmula), die Terminalknospe der jungen Pflanze, als Anlage zur oberirdischen Achse hervortreibt. Fig. 370 zeigt den Embryo von Phaseolus aus dem Samen herausgenommen; a ist das Würzelchen mit der Achse, an deren Spitze (c) die Plumula und seitlich die beiden auseinander gezogenen Cotylen (b); Fig. 68 zeigt den Embryo in vorgerücktem Zustande als Keimpflanze und zwar bei h die Wurzelspitze mit ihrer Haube, bei g die bereits entwickelten Wurzeläste, bei a und b die Cotylen, bei d und e die zuerst entwickelten Laubblätter und bei e die Terminalknospe.

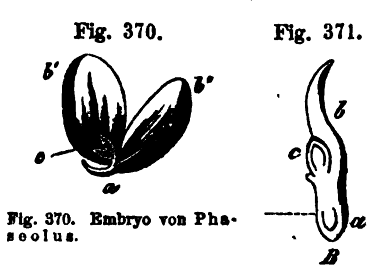


Fig. 370. Embryo von Phaseolus.

Fig. 371. Embryo einer Monocotyle; a Würzelchen, b Keimblatt, c Plumula.

Wie wir bereits oben pag. 39 u. ff. angeführt haben, unterscheidet man in der systematischen Botanik zunächst die Abtheilungen der keimlosen Pflanzen (Plantae acotyleae s. exembryonatae) und der Samen- oder Keimpflanzen (Plantae embryonatae s. cotyleae), welche Samen hervorbringen, also auch einen Embryo als Anlage der künftigen jungen Pflanze enthalten. Ferner haben wir oben gesehen, dass die letzteren wieder in zwei grosse Abtheilungen nach der Anzahl der Keimlappen zerfallen, von welchen die Einsamenlappigen (Monocotyleae) einen Embryo mit nur einem Keimlappen hervorbringen, die Zweisamenlappigen (Dicotyleae) dagegen einen solchen mit zwei Keimlappen und dass von diesen mitunter noch die Mehrsamenlappigen (Polycotyleae), wohin namentlich die Coniferen gehören, als eigene Abtheilung abgetrennt werden; Beispiele für die Keimung dieser drei Abtheilungen geben die Fig. 68, 69 und 70.

Wir fügen in Bezug auf den Bau des Embryos hier nur noch bei, dass bei den Monocotylen das Knöspchen entweder frei am Grunde des Keimlappens angewachsen ist (Fig. 371) oder auch von letzterem eingeschlossen sein kann, wie Fig. 69; die Anordnung der einzelnen Theile des dicotylen Embryos zeigt Fig. 370. Die einfachste Gestalt des Keims findet sich bei den Orchideen, wo der Keimlappen nicht zur Entwicklung kommt und kugelförmig ist, wie auch bei den Monotropeen (Fig. 372), Cuscuta etc.

In der Regel enthält jeder Samen nur einen einzigen Embryo und wenn derselbe gar nicht zur Entwicklung gelangte, so

V. Gruppe des Bleis.

1. Blei Pb = 103,5; Kupfer Cu = 31,7.

Diese beiden Metalle werden durch Rösten ihrer Schwefelverbindungen, welche sich in der Natur finden, im Grossen gewonnen. Leicht lassen sie sich durch Erhitzen ihrer Sauerstoffverbindungen mit Kohle darstellen; Wasserstoff entzieht den Oxyden beider den Sauerstoff. Wenn sie auch in ihrem Aussehen sehr verschieden sind, indem das Kupfer in compactem Zustande und nach dem Poliren ein sehr glänzendes Metall von rother Farbe ist, und das Blei einen nur schwachen Glanz und eine graue Farbe besitzt, Kupfer viel härter als Blei ist und erst bei viel höherer Temperatur schmilzt, ist doch das chemische Verhalten sehr ähnlich. An der Luft halten sich beide Metalle lange blank und überziehen sich erst nach längerem Liegen, namentlich an feuchter Luft, mit Oxydschichten, welche beim Kupfer einen grünen (edler Grünspan, basisch kohlensaures Kupferoxyd) und beim Blei einen dunkelgrauen Ueberzug bilden. Beim Erhitzen oxydiren sich beide leicht; Kupfer liefert zuerst Kupferoxydul und dann schwarzes Kupferoxyd (Kupferhammerschlag), und Blei liefert zuerst graues Suboxyd, dann gelbes Bleioxyd, welches bei längerem gelindem Erhitzen in rothe Mennige übergeht. Von Salpetersäure werden beide Metalle leicht aufgelöst. Salzsäure und Schwefelsäure greifen, letztere in verdünntem Zustande, Kupfer nicht an, während Blei zwar angegriffen, aber wegen Bildung von unlöslichem Chlorblei oder schwefelsaurem Bleioxyd, welche sich auf dem Metall niederschlagen, nicht aufgelöst wird. Concentrirte Schwefelsäure löst Kupfer in der Wärme unter Entwicklung von schwefliger Säure auf. Organische Säuren bewirken eine raschere Oxydation, wenn sie mit den Metallen an der Luft zusammenkommen. Kupfer und Blei werden durch Eisen und Zink aus den wässerigen Lösungen ihrer Salze in sehr fein zertheiltem Zustande ausgeschieden. Durch den galvanischen Strom wird Kupfer dagegen zu compacten Massen abgeschieden. Beide Metalle sind sehr wichtige Bestandtheile vieler Legirungen.

2. Verbindungen des Bleis.

a) Sauerstoffverbindungen. Man kennt mit Sicherheit vier Oxyde des Bleis; Bleisuboxyd, Pb_2O; Bleioxyd, PbO; Bleisesquioxyd, Pb_2O_3, und Bleihyperoxyd, PbO_2. Das Bleisuboxyd entsteht beim Erhitzen von Blei an der Luft, oder beim Erhitzen von oxalsaurem Bleioxyd bei Abschluss der Luft.

Durch Säuren wird es in Bleioxyd und Blei zersetzt nach der Formel: $Pb_2O + SO_3HO = PbOSO_3 + Pb + HO$.

Bleioxyd wird durch Erhitzen von kohlensaurem oder salpetersaurem Bleioxyd dargestellt, und entsteht auch beim Erhitzen von Blei an der Luft. Im Grossen wird bei der Gewinnung des Silbers aus silberhaltigem Bleiglanz ein geschmolzenes Bleioxyd erhalten, welches den Namen Bleiglätte führt, übrigens nicht ganz rein ist, sondern neben anderen Metalloxyden auch noch Kieselsäure enthält, mit welcher das Bleioxyd sehr leicht zusammenschmilzt. Das ungeschmolzene Bleioxyd wird Massicot genannt. Mit einem Aeq. Wasser in Verbindung bildet das Bleioxyd eine Base, das Bleioxydhydrat, PbOHO, welches als weisser Niederschlag erhalten wird, wenn man die Auflösung eines Bleisalzes mit Kalilauge vermischt, und zwar mit der Vorsicht, keinen Ueberschuss von Kalilauge zuzugeben, da sich Bleioxyd und Bleioxydhydrat in Kalilauge auflösen, wobei Verbindungen entstehen, in denen das Bleioxyd die Rolle einer Säure spielt.

Bleihyperoxyd oder Bleisuperoxyd, wird als braunes Pulver, beim Behandeln von Mennige mit verdünnter Salpetersäure erhalten. Es löst sich in Salzsäure unter Chlorentwicklung nach folgender Gleichung auf: $PbO_2 + 2HCl = PbCl + Cl + 2HO$. Beim Erhitzen giebt es Sauerstoff ab und es hinterbleibt Bleioxyd. Leitet man trocknes Schwefligsäuregas darüber, so entsteht unter starker Selbsterhitzung weisses schwefelsaures Bleioxyd nach folgender Gleichung: $PbO_2 + SO_2 = PbOSO_3$.

Mennige ist ein schön rothes Pulver, welches als Farbe angewendet wird, und beim gelinden Erhitzen von Bleioxyd entsteht. Seiner Zusammensetzung nach kommt ihm die Formel Pb_3O_4 zu. Salpetersäure zersetzt es, indem braunes Bleihyperoxyd zurückbleibt und Bleioxyd als salpetersaures Salz in Lösung geht. Diese Zersetzung wird ausgedrückt durch die Gleichung:

$$Pb_3O_4 + 2NO_5HO = PbO_2 + 2PbONO_5 + 2HO.$$

Bleisesquioxyd ist unwichtig.

b) Bleioxydsalze. Bleioxydhydrat ist die einzige basische Bleiverbindung. Es ist eine einsäurige Base. Salpetersaures Bleioxyd, $PbONO_5$, wird durch Auflösen von metallischem Blei oder Bleioxyd in Salpetersäure dargestellt. Es ist in Wasser nicht leicht löslich und scheidet sich in weissen Krystallen aus. Beim Erhitzen zersetzt es sich unter Zurücklassung von Bleioxyd und Abgabe von Untersalpetersäure und Sauerstoff.

Durch Fällung mit Schwefelsäure erhält man aus der Lösung dieses Salzes einen weissen krystallinischen Niederschlag von schwefelsaurem Bleioxyd, $PbOSO_3$, welcher in concentrirter Schwefelsäure und conc. Salzsäure löslich ist. Dieses Salz kommt in der Natur vor. Erhitzt man schwefelsaures Bleioxyd mit einer bestimm-

ten Menge Schwefelblei, so bleibt metallisches Blei zurück und es entweicht schweflige Säure nach folgender Gleichung:

$$PbOSO_3 + PbS = 2Pb + 2SO_2.$$

Darauf gründet sich die Gewinnung des Bleis aus dem Bleiglanz (PbS). Für sich erhitzt, schmilzt es, ohne Zersetzung zu erleiden.

Salzsäure oder Chlornatrium, Bromkalium und Jodkalium bringen in der Auflösung von salpetersaurem Bleioxyd Niederschläge von weissem krystallinischen Chlorblei, PbCl, Bromblei, PbBr, und gelbem Jodblei, PbJ, hervor, welche in heissem Wasser auflöslich sind, beim Erkalten aber wieder auskrystallisiren, das Chlorblei in Nadeln, das Jodblei in Plättchen.

Kohlensaures Natron fällt aus der Auflösung von salpetersaurem Bleioxyd ein basisch kohlensaures Bleioxyd; das normale kohlensaure Bleioxyd, $PbOCO_2$, findet sich in der Natur und führt den Namen Weissbleierz. Die Zusammensetzung des durch Fällung erhaltenen basischen kohlensauren Bleioxyds ist wechselnd, je nach der Temperatur der Flüssigkeit, aus welcher es gefällt wird. Eine Verbindung von nicht ganz constanter Zusammensetzung, welche durch Einleiten von Kohlensäure in die Auflösung eines basisch essigsauren Bleioxyds erhalten wird, ist das Bleiweiss, welches im Grossen dargestellt wird. Seine Zusammensetzung schwankt zwischen ($2PbOCO_2 + PbOHO$) und ($6PbOCO_2 + PbOHO$).

Sehr wichtige Bleisalze sind Bleizucker, neutrales essigsaures Bleioxyd, PbOĀ, und Bleiessig, basisch essigsaures Bleioxyd, (PbOĀ + PbOHO), deren Darstellung und Eigenschaften bei der Beschreibung der Essigsäure erwähnt werden sollen.

c) Schwefelblei, PbS, kommt in der Natur als Bleiglanz krystallinisch vor, und wird künstlich durch Einleiten von Schwefelwasserstoffgas in die Auflösung eines Bleisalzes dargestellt. Es bildet dann einen amorphen schwarzen Niederschlag. Durch Zusammenschmelzen von Schwefel und Blei erhält man krystallinisches Schwefelblei. In verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure bleibt das Schwefelblei unverändert, wird dagegen leicht von concentrirter Salzsäure oder Schwefelsäure und namentlich von Salpetersäure zersetzt.

3. Verbindungen des Kupfers.

a) Sauerstoffverbindungen. Von den Verbindungen des Kupfers mit Sauerstoff sind das Kupferoxydul, Cu_2O, und das Kupferoxyd, CuO, wichtig. Das Kupferoxydul wird als hellrother krystallinischer Niederschlag erhalten, beim Kochen einer

Auflösung von Kupfervitriol mit Traubenzucker und Kalilauge. Eine Verbindung von der Formel Cu_2OHO erhält man beim Behandeln von Kupferchlorür mit Kalilauge als hellgelbes Pulver. Sie ist die Basis der Kupferoxydulsalze, und wird Kupferoxydulhydrat genannt. In der Natur findet sich das Kupferoxydul als Rothkupfererz.

Das Kupferoxyd ist schwarz und entsteht beim Erhitzen von salpetersaurem Kupferoxyd oder von metallischem Kupfer an der Luft. Das Kupferoxyd ist hygroscopisch. In Verbindung mit einem Aeq. Wasser bildet es eine starke Base, das Kupferoxydhydrat, CuOHO, welches als hellblauer Niederschlag erhalten wird, bei Vermischung der Auflösung von Kupfervitriol mit Kalilauge. Das Kupferoxydhydrat verliert sein Wasser schon beim schwachen Erhitzen, selbst unter Wasser. Die Verwandlung der beiden Oxyde in einander ist nicht schwierig. Durch Glühen von Kupferoxydul an der Luft entsteht Kupferoxyd, und durch Erhitzen dieses Letzteren mit fein zertheiltem metallischem Kupfer entsteht das Erstere. Das Kupferoxyd ist übrigens beständiger. Beide sind in Ammoniak löslich, lässt man aber eine Lösung von Kupferoxydul in Ammoniak an der Luft stehen, so wird sie, die anfänglich farblos war, blau, weil sich unter Sauerstoffaufnahme eine ammoniakalische Kupferoxydauflösung bildet.

b) Kupferoxydsalze. Das Kupferoxydhydrat ist eine einsäurige Base und bildet mit Salpetersäure, Schwefelsäure und Salzsäure lösliche Salze, welche sich mit blauer oder grüner Farbe in Wasser auflösen. Man stellt sie am einfachsten durch Auflösen von Kupferoxyd in der betreffenden Säure dar.

Das salpetersaure Kupferoxyd, $CuONO_5$, krystallisirt mit 6 Aeq. Wasser und bildet schöne blaue Krystalle.

Das schwefelsaure Kupferoxyd, $CuOSO_3$, Kupfervitriol, krystallisirt mit 5 Aeq. Wasser.

Beide Salze können durch Erhitzen ihrer Krystalle wasserfrei erhalten werden, erleiden aber bei stärkerem Erhitzen eine Zersetzung, indem die Säure unter weiterer Zersetzung entweicht und Kupferoxyd zurückbleibt. Das schwefelsaure Kupferoxyd zersetzt sich hierbei schwerer als das salpetersaure Salz.

Das salzsaure Kupferoxyd, welches durch Auflösen von Kupferoxyd in Salzsäure erhalten wird, bildet bläulich grüne Krystalle von der Formel $CuCl + 2HO$. Wasserfreies Kupferchlorid, CuCl, bildet sich beim Ueberleiten von Chlor über metallisches Kupfer. Diese Verbindung zersetzt sich beim Glühen in Kupferchlorür und Chlor.

Mit Kohlensäure bildet das Kupferoxydhydrat hauptsächlich basische Salze, von denen die in der Natur vorkommenden, der Malachit ($CuOCO_2 + CuOHO$) und der Kupferlasur

($2CuOCO_2 + CuOHO$) neben dem sogen. edlen Grünspan, der sich beim Liegen von Kupfer an feuchter Luft bildet, am wichtigsten sind. Kohlensaures Natron erzeugt in der Auflösung von Kupfervitriol einen blauen Niederschlag, der bald grün wird, und dann die Zusammensetzung des Malachits hat. Diese kohlensauren Salze sind grün gefärbt.

Vermischt man eine Auflösung von Kupfervitriol mit Ammoniak, so erhält man eine tiefblaue Lösung, welche bei Zusatz von Weingeist einen dunkelblauen krystallinischen Niederschlag liefert, welcher die Formel $CuOSO_3 + 2NH_3 + HO$ hat und schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak genannt wird. Das Wasser und die Hälfte ihres Ammoniaks giebt die Lösung beim Erhitzen ab und es entsteht die Verbindung ($CuOSO_3 + NH_3$), welche schwefelsaures Cuprammoniumoxyd ist. Ihre Zusammensetzung ist aufzufassen als ein schwefelsaures Ammoniak, in welchem 1 Aeq. Wasserstoff durch 1 Aeq. Kupfer vertreten ist, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

$$N\left\{\begin{matrix}H\\H\\H\\H\end{matrix}\right\}OSO_3; \quad N\left\{\begin{matrix}Cu\\H\\H\\H\end{matrix}\right\}OSO_3.$$

c) Kupferchlorür, Cu_2Cl, bildet weisse, in Wasser kaum lösliche Krystalle, welche beim Einleiten von schwefliger Säure in eine gesättigte Lösung von Kupfervitriol und Kochsalz entstehen. Beim Erhitzen von Kupferchlorid bildet sich gleichfalls, unter Abgabe von Chlor, das Chlorür. Löst man Kupferoxydul in Salzsäure, so entsteht eine salzsaure Lösung von Kupferchlorür, aus welcher dieses durch Wasser gefällt wird. In Ammoniak ist es ebenfalls zu einer farblosen Flüssigkeit löslich, welche jedoch an der Luft rasch blau wird, in Folge der Bildung von Kupferoxyd.

Kupferjodür, Cu_2J, wird erhalten beim Vermischen der Lösungen von Jodkalium, Kupfervitriol und schwefliger Säure. Es ist weiss und schwer löslich in Wasser. Seine Bildung wird durch folgende Gleichung erklärt:

$$2CuOSO_3 + KJ + SO_2 + 2HO = Cu_2J + (KOSO_3 + SO_3HO) + SO_3HO.$$

d) Schwefelverbindungen. Mit Schwefel vereinigt sich das Kupfer in zwei Verhältnissen: zu Kupfersulfür oder Halbschwefelkupfer, Cu_2S, und Kupfersulfid oder Schwefelkupfer, CuS. Erstere Verbindung kommt in der Natur als Kupferglanz und in anderen Kupfererzen, namentlich im Buntkupfererz, vor, und wird künstlich durch Zusammenschmelzen von Kupfer mit Schwefel dargestellt. Das Schwefelkupfer wird durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in eine Auflösung von Kupfervitriol als braunschwarzer amorpher Niederschlag erhalten.

Beim Erhitzen zersetzt sich das Schwefelkupfer in Schwefel und Halbschwefelkupfer. Von verdünnter Salzsäure und Schwefelsäure werden die beiden Schwefelverbindungen nicht angegriffen, von Salpetersäure dagegen leicht, unter Bildung von salpetersaurem oder schwefelsaurem Kupferoxyd oder von beiden zugleich, gelöst.

4. Vorkommen der Metalle der Bleigruppe in der Natur.

Die Metalle Blei und Kupfer kommen hauptsächlich mit Schwefel verbunden in der Natur vor, und zwar das Blei als Bleiglanz, PbS, und in einer ganzen Reihe von Doppelverbindungen des Schwefelbleis mit Schwefelantimon, und das Kupfer als Kupferglanz, Cu_2S, im Buntkupfererz, (Cu_2S + CuS + FeS), und im Kupferkies, (CuS + FeS). Ferner enthalten die Fahlerze Kupfer als Halbschwefelkupfer. Blei findet sich nur selten als oxydisches Erz im Weissbleierz, $PbOCO_2$, im Bleivitriol, $PbOSO_3$, im Rothbleierz, $PbOCrO_3$, und im Gelbbleierz, $PbOMoO_3$, (molybdänsaures Bleioxyd), ausserdem im Pyromorphit, als phosphorsaures Bleioxyd, und Mimetesit, als arsensaures Bleioxyd. Häufiger findet sich Kupfer als oxydisches Erz im Malachit, ($CuOCO_2$ + CuOHO), im Kupferlasur, ($2CuOCO_2$ + CuOHO), im Rothkupfererz, Cu_2O, und im Atakamit, (3CuOHO + CuCl). Interessant ist das, jedoch seltene, Vorkommen von gediegenem Kupfer in Nordamerika und Chile.

5. Technische Verwendung der Metalle der Bleigruppe und ihrer Verbindungen.

a. Metallurgie des Bleis. Das metallische Blei des Handels wird grösstentheils aus Bleiglanz gewonnen, und zwar durch einen Röstprozess. Die hierbei verlaufende Reaction wird durch die beiden folgenden Gleichungen erklärt:

$$PbS + O_4 = PbOSO_3$$
$$PbS + PbOSO_3 = 2Pb + 2SO_2.$$

Es verlaufen also zwei Reactionen. Durch die eine wird die Hälfte des Bleiglanzes oxydirt und das hierbei entstandene schwefelsaure Bleioxyd setzt sich mit dem noch unoxydirten Schwefelblei nach der zweiten Gleichung um.

Nach einem anderen Verfahren entschwefelt man den Bleiglanz durch Zusammenschmelzen mit Eisen, wobei sich neben metallischem Blei Schwefeleisen bildet. Das so gewonnene Blei wird Werkblei

genannt und enthält meist noch geringe Mengen von Kupfer, Antimon und Silber.

Das Blei ist ein sehr weiches und dehnbares Metall, wenn es ganz rein ist. Die häufigsten Verunreinigungen sind Kupfer und Antimon.

Die Verwendung des Bleis ist eine sehr mannichfaltige; so wird es in Form von Platten in den Schwefelsäurefabriken zum Auskleiden der Kammern, ferner zu Siedepfannen, zu Röhren und zur Herstellung mancherlei Apparate, welche in chemischen Fabriken oder Laboratorien gebraucht werden, verwendet. Wegen seiner Eigenschaft, von Salzsäure und Schwefelsäure nicht gelöst zu werden, lässt es sich zu vielen Zwecken verwenden, zu welchen das Eisen unbrauchbar ist.

b. Metallurgie des Kupfers. Wie das Blei wird auch das Kupfer hauptsächlich im Grossen aus dem Schwefelkupfer dargestellt. Die meisten Schwefelkupfererze enthalten Schwefeleisen und die erste Aufgabe bei der Verhüttung derselben ist die Abscheidung des Eisens, welche durch abwechselndes Rösten und Reductionsschmelzen gelingt. Werden schwefelhaltige Kupfererze geröstet, so wird der Schwefel als schweflige Säure entfernt und es bleibt dafür ein Oxyd zurück. Das Rösten soll nun zunächst nicht sämmtlichen Schwefel oxydiren, sondern nur so viel, dass beim nachherigen Schmelzen eine Umsetzung im Sinne folgender Gleichung stattfinden kann: $CuO + FeS = CuS + FeO$. Durch die erste Röstung wird also eine Masse erhalten, welche sowohl Schwefelkupfer, als Schwefeleisen, Kupferoxyd und Eisenoxyd enthält. Beim nachherigen Reductionsschmelzen zersetzt sich ein Theil des Kupferoxyds mit dem Schwefeleisen nach obiger Gleichung, ein anderer Theil wird zu Metall reducirt, indem sein Sauerstoff zur Oxydation von Schwefeleisen verwendet wird, nach folgender Gleichung: $3CuO + FeS = SO_2 + FeO + 3Cu$. Das Resultat des Reductionsschmelzens ist also metallisches Kupfer, Schwefelkupfer und Eisenoxydul, welches letztere in die Schlacke aufgenommen wird, denn das Reductionsschmelzen geschieht stets unter Zusatz von schlackebildenden Zuschlägen, wie Quarz; ausserdem bleibt noch etwas Schwefeleisen zurück, welches durch Wiederholung des ganzen Prozesses in Eisenoxydul verwandelt wird. Schliesslich erhält man einen sog. Concentrationsstein, welcher lediglich Schwefelkupfer und Metall enthält, und durch ein nochmaliges Röstschmelzen in Schwarzkupfer überführt wird. Bei diesem Röstschmelzen wird ein Theil des Schwefelkupfers zu Kupferoxydul, welches sich mit noch unzersetztem Schwefelkupfer umsetzt, nach der Gleichung: $2Cu_2O + Cu_2S = SO_2 + 4Cu$. Das Schwarzkupfer wird schliesslich noch in Garkupfer, d. h. in hämmerbares Kupfer, verwandelt.

Die Gewinnung des Kupfers aus oxydischen Erzen ist eine

äusserst einfache, indem die Erze nur mit Kohle, unter Zusatz von schlackebildenden Materialien geschmolzen zu werden brauchen.

Die Verhüttung der Kupfererze nach der ersten Methode ist an verschiedenen Orten sehr verschieden. Auf dem Continent wendet man hauptsächlich Schachtöfen an, während in England Flammenöfen im allgemeinen Gebrauch sind.

Das Kupfer wird zur Herstellung vieler, in der Technik verwendeter Apparate verarbeitet; ausserdem wird es zu Legirungen und zur Darstellung vieler Kupferverbindungen gebraucht.

c. Von den Bleiverbindungen, welche in der Technik von Wichtigkeit sind, haben wir hauptsächlich das Bleiweiss, basisch kohlensaures Bleioxyd, zu beschreiben. Es ist schon gesagt worden, dass durch Fällung von löslichen Bleisalzen durch kohlensaures Natron ein basisches Bleisalz gefällt wird, dessen Zusammensetzung, je nach der Temperatur und Concentration der Bleisalzlösung, verschieden sein kann. Die so erhaltenen Niederschläge werden Bleiweiss genannt. Im Grossen stellt man jedoch das Bleiweiss nicht nach dieser Methode dar, sondern man bereitet ein basisch essigsaures Bleioxyd, welches alsdann durch Kohlensäure zersetzt wird, indem sich Bleiweiss bildet. In Holland, Frankreich und England hält man verschiedene Verfahren ein; Während man in Holland die Bildung des basisch essigsauren Bleioxyds und dessen Zersetzung durch Kohlensäure in der Weise vornimmt, dass man Bleiplatten, spiralförmig gewunden, in Töpfe bringt, an deren Boden sich Essig befindet, und das Ganze in Mist eingräbt, welcher durch seine Gährung die Kohlensäure liefert, bereitet man in Frankreich, durch Auflösen von Bleioxyd in Bleizuckerlösung, zunächst eine Lösung von basisch essigsaurem Bleioxyd und leitet alsdann in diese Kohlensäure ein; es bildet sich dabei ein Niederschlag von Bleiweiss, und Bleizucker wird regenerirt, welcher wieder zu Gewinnung von basischem Salz verwendet wird. In England stellt man durch Erhitzen von metallischem Blei auf Heerden Bleioxyd dar, welches man mit Bleizuckerlösung befeuchtet, worauf die ganze Masse mit Kohlensäure behandelt wird. Die chemischen Reactionen sind bei diesen drei Methoden die gleichen; sie lassen sich durch folgende Zersetzungsgleichung ausdrücken:

$$\underbrace{3(PbO\bar{A}+2PbOHO)}_{\text{Basisch essigsaures Bleioxyd.}}+4CO_2=\underbrace{2(2PbOCO_2+PbOHO)}_{\text{Bleiweiss.}}+\underbrace{3PbO\bar{A}}_{\text{Bleizucker.}}+4HO$$

Das Bleiweiss dient als Anstrichfarbe, und wird wegen seiner Deckkraft anderen weissen Farben vorgezogen. Wegen seiner leichten Zerstörbarkeit durch Schwefelwasserstoff, welches schwarzes Schwefelblei erzeugt, wird das Bleiweiss nur da zu verwenden sein, wo sich Schwefelwasserstoff nicht befindet. Das Bleiweiss wird

daher vielfach durch Zinkweiss oder Barytweiss (schwefelsauren Baryt) ersetzt.

d. Kupferverbindungen werden häufig als grüne oder blaue Farben verwendet. Man gewinnt dieselben meist aus dem Kupfervitriol. Das sogenannte Berggrün ist basisch kohlensaures Kupferoxyd, welches durch Fällung von Kupfervitriollösung mit kohlensaurem Natron oder Kali dargestellt wird. Scheele's Grün oder Mineralgrün ist ein basich arsenigsaures Kupferoxyd, welches durch Fällung von Kupfervitriollösung mit kohlensaurem Kali und arseniger Säure unter gewissen Concentrations- und Temperaturbedingungen erhalten wird. Das Schweinfurter Grün entsteht beim Vermischen der Lösungen von essigsaurem Kupferoxyd und arseniger Säure. Der anfänglich schmutziggrüne Niederschlag wird beim Erwärmen prachtvoll grün. Er hat dann die Zusammensetzung, welche der Formel ($3CuOAsO_3 + CuO\bar{A}$) entspricht.

6. Seltenere Metalle der Gruppe des Bleis.

An das Blei und Kupfer schliesst sich das Thallium an, welches äusserst selten ist. Man hat es bis jetzt nur in wenigen kiesigen Erzen gefunden. Es wird dargestellt aus dem Schlamm, welcher sich in den Bleikammern der Schwefelsäurefabriken absetzt, in welchen es durch Verflüchtigung beim Erhitzen der kiesigen Erze, behufs Gewinnung ihres Schwefels, gekommen ist. Ausserdem findet es sich im Nauheimer Soolwasser. Thalliumverbindungen färben die Weingeistflamme grün.

VI. Gruppe des Zinns.

1. Zinn, Sn = 59; Wolfram, W = 92; Molybdän, Mo = 46.

Das Zinn ist das einzige Metall dieser Gruppe, welches als solches von Wichtigkeit ist. Man stellt das Zinn am einfachsten durch Reduction des Zinnoxyds mit Kohle dar, beim Glühen von Zinnoxyd in einem mit Kohle ausgefütterten Tiegel. Das Zinn ist weiss und besitzt einen lebhaften Glanz und ein krystallinisches Gefüge. Biegt man ein Stück Zinn, so beobachtet man ein eigenthümlich knisterndes Geräusch, welches von der Reibung der Krystallflächen aneinander herrührt. Das Zinn ist sehr dehnbar und lässt sich namentlich zu sehr dünnen Platten auswalzen

(Stanniol, Zinnfolie.) Es schmilzt leicht, wodurch es sich von den übrigen Metallen dieser Gruppe unterscheidet. Salzsäure löst es unter Wasserstoffentwicklung zu Zinnchlorür auf. Schwefelsäure verwandelt es in schwefelsaures Zinnoxydul und Salpetersäure oxydirt es zu unlöslichem Zinnoxyd. Interessant ist, dass Zinn von Kali- oder Natron-Lauge unter Wasserstoffentwicklung aufgelöst wird.

2. Zinnverbindungen.

a) Das Zinn bildet mit Sauerstoff zwei Verbindungen: Zinnoxydul, SnO, und Zinnoxyd, SnO_2. Das Zinnoxydul wird als schwarzes Pulver erhalten, beim Fällen einer Lösung von Zinnchlorür mit Kalilauge und Erhitzen des Niederschlags von Zinnoxydulhydrat, $SnOHO$, bei Abschluss der Luft. Das Zinnoxydulhydrat ist weiss, es ist eine schwache Base und löst sich in Säuren zu Salzen auf, andererseits spielt es aber auch die Rolle einer Säure, indem es mit Alkalien, unter Auflösung, Verbindungen eingeht, welche übrigens ungemein leicht zersetzbar sind, indem sich metallisches Zinn abscheidet, während sich Zinnsäure-Salze bilden.

Das Zinnoxyd kommt in der Natur als Zinnstein vor, und wird künstlich durch Erhitzen der Zinnsäure erhalten. Mit 2 Aeq. Wasser bildet es die Zinnsäure, welche in zwei durch ihr chemisches Verhalten verschiedenen, Modificationen existirt. Kocht man Zinnchlorid mit Wasser, so erhält man einen weissen Niederschlag von a-Zinnsäure, $SnO_2 2HO$, welcher, nach dem Trocknen im Vacuum, nach der Formel SnO_2HO zusammengesetzt ist. Die a-Zinnsäure löst sich in Salzsäure leicht auf, und wird durch Kochen mit Wasser wieder aus der Lösung gefällt. Beim Erwärmen geht diese Verbindung in die isomere Modification, in die b-Zinnsäure oder Metazinnsäure, SnO_2HO, über. Erwärmt man metallisches Zinn mit nicht ganz concentrirter Salpetersäure, so verwandelt es sich in ein weisses Pulver von wasserhaltiger Metazinnsäure, also in $SnO_2 2HO$, welches beim Trocknen ein Aequivalent Wasser verliert. Diese Verbindung ist in Salpetersäure unlöslich und wird von Salzsäure nur sehr langsam gelöst. In Kali- und Natronlauge sind beide Zinnsäuren löslich. Durch starkes Erhitzen werden beide Zinnsäuren in Zinnoxyd verwandelt. Das Natronsalz der a-Zinnsäure ist für die Technik von Wichtigkeit; es wird dargestellt, durch Auflösen von Zinn in Natronlauge oder durch Schmelzen von Zinn mit salpetersaurem Natron oder von Zinnstein mit Aetznatron.

b) Zinnoxydulsalze sind, da das Zinnoxydulhydrat eine einsäurige Base ist, analog den Kalisalzen zusammengesetzt. Sie

sind übrigens, wegen der schwach basischen Eigenschaften des Zinnoxydulhydrats, zum grössten Theile leicht zersetzbar.

Das schwefelsaure Zinnoxydul, $SnOSO_3$, erhält man in kleinen Plättchen krystallisirt, beim Verdunsten der Auflösung von Zinnoxydul in verdünnter Schwefelsäure.

Das phosphorsaure Zinnoxydul erhält man durch Fällung mit phosphorsaurem Natron, aus löslichen Zinnoxydulsalzen.

Zinnchlorür, SnCl, ist das wichtigste Zinnoxydulsalz. Es wird durch Auflösen von metallischem Zinn in concentrirter Salzsäure erhalten. Bei Abschluss der Luft verdunstet, giebt die Lösung Krystalle von der Formel $SnCl + 2HO$. Das Zinnchlorür oder einfach Chlorzinn ist ein kräftiges Reductionsmittel; beim Stehen seiner Lösung an der Luft nimmt es Sauerstoff auf, und, im Falle nicht Säure im Ueberschuss vorhanden ist, schlägt sich ein weisses Pulver nieder.

c) Leitet man getrocknetes Chlorgas über metallisches Zinn, welches sich in einer Retorte befindet, so verbinden sich beide Körper unter Wärmeentwicklung, in Folge deren das Zinn schmilzt, während das gebildete Zinnchlorid oder zweifach Chlorzinn, $SnCl_2$, überdestillirt. Diese Verbindung ist eine bei 120°C. siedende, wasserhelle, an der Luft dicke weisse Dämpfe ausstossende Flüssigkeit (Spiritus fumans Libavii), die mit wenig Wasser zusammenkommend unter Erwärmung Krystalle giebt, welche eine Verbindung von Zinnchlorid mit 5 Aeq. Wasser darstellen, also die Formel $SnCl + 5HO$ haben. In Wasser löst sich diese Verbindung zu einer sauer reagirenden Flüssigkeit, welche beim Kochen alles Zinn als a-Zinnsäure fallen lässt.

Vermischt man die wässrige Lösung des Zinnchlorids mit einer concentrirten Salmiaklösung, so scheidet sich ein Doppelsalz von der Formel $SnCl_2 + NH_4Cl$ ab. Dasselbe hat den Namen Pinksalz und wird in der Kattundruckerei und Färberei verwendet. Zum Zweck technischer Verwendung stellt man die Zinnchloridlösung durch Einleiten von Chlor in eine Auflösung von Zinnchlorür dar.

d) Schwefelverbindungen des Zinns kennt man zwei, nämlich Zinnsulfür oder einfach Schwefelzinn, SnS, welches als braunschwarzer Niederschlag beim Einleiten von Schwefelwasserstoff in die Auflösung von Zinnoxydulsalzen erhalten wird, und Zinnsulfid oder zweifach Schwefelzinn, SnS_2, welches durch Fällung von Zinnchloridlösung durch Schwefelwasserstoff in amorphem Zustande als gelbes Pulver, und beim gleichzeitigen Hindurchleiten von Schwefelwasserstoffgas und Zinnchloriddampf durch eine dunkelrothglühende Röhre, krystallinisch erhalten wird. In letzterem Zustande bildet es kleine goldglänzende Plättchen; es hat desshalb den Namen Musivgold erhalten. Dasselbe erfährt als Material für unächte Vergoldung mannichfache Anwendung und

wird zu diesem Behufe in folgender Weise dargestellt: Ein Zinnamalgam, welches aus 2 Theilen Zinn und 1 Theil Quecksilber besteht, wird mit Schwefel und Salmiak gemischt und in einem Kolben im Sandbade erhitzt. Der Schwefel verbindet sich sowohl mit Zinn, als auch mit Quecksilber, letztere Verbindung sublimirt, während das Schwefelzinn als Musivgold zurückbleibt. Die gleichzeitige Verflüchtigung des Salmiaks scheint lediglich den Zweck zu haben, ein allzuhohes Steigen der Temperatur zu verhindern, weil sonst die Bildung von zweifach Schwefelzinn nicht stattfinden würde. Das Zinnsulfid ist in verdünnter Säure nicht löslich; concentrirte Salzsäure löst es unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff auf, Salpetersäure verwandelt es in Metazinnsäure. In Kali- oder Natron-Lauge ist es ebenfalls löslich, ebenso in Schwefelammonium und den Schwefelverbindungen der fixen Alkalien, indem es lösliche Doppelverbindungen mit ihnen bildet, von denen einige krystallisirbar sind.

3. Wolframverbindungen.

Von den Verbindungen des Wolframs ist das Wolframsäure-Anhydrid, WO_3, die wichtigste. Sie bildet entweder ein gelbes Pulver oder dunkelgrüne Krystalle. Amorph wird sie erhalten durch Glühen von wolframsaurem Ammoniak an der Luft. Wie das Zinnoxyd bildet das Wolframsäure-Anhydrid mit Wasser eine Verbindung, welche die eigentliche Säure darstellt und die Eigenschaft hat, in zwei isomeren Modificationen zu existiren. So kennt man eine unlösliche Wolframsäure, WO_3HO, welche gelb gefärbt ist und durch Erhitzen der Lösung von wolframsaurem Kali mit einer Säure erhalten wird, und eine lösliche Wolframsäure, Metawolframsäure, welche sich in ihrer Zusammensetzung durch ihren Wassergehalt von der unlöslichen Modification unterscheidet. Aus dem Wolfram, welcher in der Natur vorkommt und das wichtigste Wolframerz ist, stellt man durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron und Versetzen der Schmelze mit einer Säure, die unlösliche Wolframsäure dar, welche beim Auflösen in Natronlauge das wolframsaure Natron liefert. Kocht man die Auflösung dieses Salzes mit soviel frisch gefällter Wolframsäure, als sie aufzunehmen vermag, so erhält man das Natronsalz der Metawolframsäure. Die aus dem Barytsalz abzuscheidende freie Metawolframsäure wird durch Kochen ihrer Lösung in Wolframsäure verwandelt.

Charakteristisch für die Wolframsäuren ist ihre Reducirbarkeit durch Zink, wobei ein blauer Niederschlag von wolframsaurem Wolframoxyd, WO_2WO_3, entsteht.

4. Molybdänverbindungen.

a) Das dem Wolframsäure-Anhydrid analog zusammengesetzte Molybdänsäure-Anhydrid, MoO_3, wird entweder durch Rösten des in der Natur vorkommenden Schwefelmolybdäns, Molybdänglanz, erhalten, oder durch Erhitzen von molybdänsaurem Ammoniak. Die Verbindung MoO_3 ist weiss, krystallinisch, kann durch starkes Erhitzen verflüchtigt werden und löst sich in Ammoniak unter Bildung von molybdänsaurem Ammoniak auf, welches aus dieser Lösung auskrystallisiren kann. Das neutrale molybdänsaure Ammoniak hat die Formel NH_4OMoO_3; die Zusammensetzung des, durch Krystallisirenlassen der Lösung von Molybdänsäure in Ammoniak erhaltenen, Salzes entspricht dagegen der Formel $3NH_4O.7MoO_3 + 4HO$. Diese letztere Verbindung ist das gewöhnliche molybdänsaure Ammoniak, welches als Reagens auf Phosphorsäure häufige Anwendung findet. Versetzt man die wässerige Lösung desselben mit verdünnter Salpetersäure, so entsteht ein weisser Niederschlag, der sich im Ueberschuss wieder auflöst; Phosphorsäure oder phosphorsaure Salze erzeugen in der so bereiteten Lösung einen krystallinischen gelben Niederschlag, der sich in Ammoniak leicht auflöst. Selbst eine sehr geringe Spur von Phosphorsäure erzeugt unter den genannten Bedingungen schon einen Niederschlag. Um bei der Nachweisung von Phosphorsäure jedoch sicher zu gehen, ist es nöthig, wegen der Löslichkeit des entstehenden gelben Niederschlags in phosphorsauren Salzen, einen Ueberschuss von molybdänsaurem Ammoniak anzuwenden; der gelbe Niederschlag enthält Phosphorsäure, Molybdänsäure und Ammoniak, und wird phosphormolybdänsaures Ammoniak genannt. Ebenso wie eine Verbindung von Molybdänsäure mit Ammoniak als Reagens auf Phosphorsäure benutzt werden kann, lassen sich auch durch eine Verbindung von Phosphorsäure mit Molybdänsäure Ammoniak und ammoniakartige Verbindungen (siehe org. Chem.) nachweisen und abscheiden. Man stellt diese Verbindung in folgender Weise dar: Phosphormolybdänsaures Ammoniak wird gut ausgewaschen und in kohlensaurem Natron aufgelöst, diese Lösung alsdann zur Trockne verdampft und der Rückstand zur Verjagung des Ammoniaks geglüht. die geglühte Masse mit Wasser aufgenommen und ihre Lösung mit Salpetersäure angesäuert. Man erhält so eine gelbe Lösung, welche auf Zusatz eines Ammoniaksalzes einen gelben Niederschlag erzeugt. Die Verbindung, welche darin aufgelöst ist, wird Phosphormolybdänsäure genannt.

b. Mit Schwefel bildet das Molybdän mehrere Verbindungen, von denen das zweifach Schwefelmolybdän, MoS_2, wegen

seines Vorkommens in der Natur von Wichtigkeit ist. Man nennt das Mineral Molybdänglanz.

5. Vorkommen der Metalle der Zinngruppe in der Natur.

Das Zinn findet sich hauptsächlich als Zinnoxyd, SnO_2, im Zinnstein in der Natur. Wolframmetall kommt als Scheelit, wolframsaurer Kalk, $CaOWO_3$, und im Wolfram, welcher neben Wolframsäure, Eisenoxydul und Manganoxydul enthält, vor; Molybdän hauptsächlich als Molybdänglanz, Schwefelmolybdän, MoS_2, und als Gelbbleierz, molybdänsaures Bleioxyd, $PbOMoO_3$. Diese drei Metalle sind alle nicht sehr verbreitet, Wolfram und Molybdän sind selten.

6. Technische Verwendung der Metalle der Zinngruppe.

Eine eigentliche technische Verwendung erfährt nur das metallische Zinn, zur Herstellung von Gefässen und als Material zu Legirungen, und das sog. Präparirsalz, das zinnsaure Natron. Wolfram wird, übrigens nur selten, als Zusatz zum Stahl benutzt, da es demselben eine grössere Härte ertheilt, ohne seine Zähigkeit, Festigkeit und Schweissbarkeit zu beeinträchtigen. Ein wolframhaltiger Stahl wird Wolframstahl genannt; er enthält zwischen 1 und 5 % Wolframmetall.

Die Metallurgie des Zinns ist eine höchst einfache, indem der Zinnstein lediglich mit Kohle gemengt und in einem Schachtofen geglüht wird. Das reducirte Zinn schmilzt und fliesst aus einer unten angebrachten Oeffnung des Ofens ab. Das reinste Zinn ist das sog. Bancazinn, welches in England dargestellt wird.

7. Seltenere Metalle der Gruppe des Zinns.

Grosse Aehnlichkeit mit den beschriebenen Metallen dieser Gruppe zeigen noch die folgenden: Titan, welches als Titansäure TiO_2, im Rutil, Anatas und Brookit und, mit Eisenoxydul und Eisenoxyd verbunden, im Titaneisen vorkommt; Tantal und Niobium, welche im Tantalit und Columbit, zwei sehr seltenen Mineralien, enthalten sind; und Vanadin, welches in dem sehr seltenen Vanadinbleierz in grösserer Menge und in einigen anderen verbreiteteren Mineralien in Spuren enthalten ist.

VII. Gruppe der edlen Metalle.

1. Quecksilber, Hg = 100; Silber, Ag = 108; Gold, Au = 196; Platin, Pt = 99; Palladium, Pd = 53.

Diese Metalle haben den Namen der edlen Metalle wegen ihrer Seltenheit und den werthvollen physikalischen Eigenschaften, welche sie zu vielen Anwendungen geeignet machen, erhalten.

Ihre Abscheidung aus ihren Verbindungen ist eine sehr einfache, da die letzteren durch Erhitzen zum grössten Theil unter Abscheidung des Metalls zerstört werden.

a) Quecksilber. Das Quecksilber ist das einzige, bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Metall. Bei — 40° C. wird es fest und bei 350° C. verwandelt es sich in Dampf, aber selbst bei gewöhnlicher Temperatur verdampft etwas Quecksilber, wenn man es in offnen Gefässen stehen lässt. Es besitzt einen sehr lebhaften Metallglanz, den es selbst bei langem Liegen an der Luft nicht einbüsst. Von Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure wird es selbst beim Sieden nicht merklich angegriffen, concentrirte Schwefelsäure wirkt dagegen energisch ein, und unter Entwicklung von schwefliger Säure entsteht schwefelsaures Quecksilberoxyd. Am leichtesten wird Quecksilber von Salpetersäure aufgelöst, wobei sich salpetersaures Quecksilberoxydul bildet; Chlor, Brom, Jod und Schwefel verbinden sich leicht direct mit dem Metall. Sehr langes Erhitzen von Quecksilber zum Sieden bewirkt eine Oxydation, durch Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft.

Das käufliche Quecksilber ist nicht ganz rein. Durch Destillation kann man ihm den grössten Theil seiner Verunreinigungen entziehen, am besten reinigt man es jedoch, indem man es mit einer kleinen Menge verdünnter Salpetersäure erwärmt. Die Verunreinigungen lösen sich auf, allerdings auch ein Theil des Quecksilbers, allein der grösste Theil des Metalls bleibt ungelöst. Auch durch Erhitzen eines Gemisches von reinem Schwefelquecksilber mit Eisenfeilspähnen in einer Retorte lässt sich reines Quecksilber, welches überdestillirt, darstellen.

b) Silber. Das Silber zeichnet sich vor den andern Metallen durch seine schöne weisse Farbe und seinen prachtvollen Metallglanz aus. Es ist nächst dem Gold das dehnbarste Metall, lässt sich zu sehr dünnen Plättchen auswalzen und schlagen und zu sehr feinem, dabei aber sehr festem Draht ausziehen. Beim Liegen an der Luft verliert es von seinem Glanz, da es durch Schwefelwasserstoff angegriffen und geschwärzt wird.

Mit Sauerstoff verbindet sich das Silber selbst beim Erhitzen

nicht direct, von verdünnter Salzsäure und Schwefelsäure wird es nicht angegriffen. Concentrirte Schwefelsäure löst es unter Bildung von schwefelsaurem Silberoxyd auf und leichter noch Salpetersäure, selbst wenn sie verdünnt ist. Eine höchst merkwürdige Eigenschaft des geschmolzenen Silbers ist die Fähigkeit, Sauerstoff in nicht unbeträchtlicher Menge zu absorbiren, welcher während des Erkaltens wieder entweicht. Mit Chlor, Brom und Jod verbindet sich das Silber leicht direct. Um Silber in reinem Zustande zu gewinnen, benutzt man am besten dessen Abscheidung aus dem Chlorsilber. Dieses ist ein in Wasser unlösliches, leicht rein zu erhaltendes Präparat. Uebergiesst man es mit schwach angesäuertem Wasser und bringt ein Stückchen Zink damit in Berührung, so löst sich dieses auf und Silber scheidet sich als schwammige, graue Masse ab; unter dem Polirstahl nimmt dieselbe Metallglanz an.

c) Gold. Das Gold besitzt eine schön gelbe Farbe und den schönsten Metallglanz. Es ist sehr dehnbar und lässt sich zu so dünnen Plättchen ausschlagen, dass es durchsichtig wird. Bei hoher Temperatur schmilzt es und beim Hindurchströmen eines galvanischen Stromes durch einen dünnen Golddraht kann es sich sogar in Dampf verwandeln. Beim Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand krystallisirt das Gold leicht in Würfeln. Mit Sauerstoff verbindet es sich unter keinen Umständen direct, ebenso ist es völlig indifferent gegen Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure. Königswasser löst es unter Bildung von dreifach Chlorgold auf; Chlorgas und Brom verbinden sich direct mit Gold. In reinem Zustande erhält man das Gold durch Zersetzung von Chlorgold mit Eisenvitriol, oder besser mit organischen Säuren, wie Weinsteinsäure. Das Gold schlägt sich als braunes Pulver nieder, welches unter dem Polirstahl Metallglanz annimmt.

d) Platin. Das Platin ist weiss, mit einem Stich ins Graue; es ist sehr dehnbar und lässt sich zu ungemein feinem Drahte ausziehen und zu sehr dünnem Blech auswalzen. Es ist nur im Knallgasgebläse schmelzbar, aber nahe seinem Schmelzpunkt ist es so weich, dass es sich leicht bearbeiten und namentlich auch schweissen lässt. Sehr wichtig und von practischer Bedeutung ist die Eigenschaft des Platins, auf seiner Oberfläche Gase zu verdichten. In jedem Zustande besitzt das Platin diese Eigenschaft, am meisten aber in feinzertheiltem, wie es durch Reductionsmittel aus seinen Verbindungen abgeschieden wird. Solches Platin wird Platinmohr oder Platinschwamm genannt. Bei der Verdichtung von Gasen kann eine beträchtliche Menge von Wärme entwickelt werden; strömt nun ein Gas oder Dampf auf fein zertheiltes Platin aus, so kann dadurch die Entzündung des Gases oder Dampfes bewirkt werden.

Papiere rasch dunkel färben, haben dieselben auf die Sauerstoffausscheidung der grünen Pflanzentheile keinen bemerkbaren Einfluss; dieselbe Einwirkung hat sich nach Beobachtungen bezüglich der Bildung von Amylum in dem Chlorophyll gewisser Algen ergeben, wo man sogar das Amylum unter dem Einflusse des blauen Lichtes oder im Dunkeln allmälig verschwinden sah. Nach den Versuchen von Timirjaseff*) ist die Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen proportional den Erwärmungskräften der Sonnenstrahlen und wo im Spectrum die grösste Wärmemenge angetroffen wird, da finden sich auch diejenigen Strahlen, welche die grösste Menge Kohlensäure zerlegen.

Veränderungen in der Spannung der Gewebe, welche die dem Lichte zustrebende Richtung des Pflanzenwachsthums, die sogenannten heliotropischen Krümmungen der Gewebe, verursachen, werden umgekehrt durch die stark brechbaren Strahlen hervorgebracht, während die gelben, orangerothen und rothen Strahlen völlig indifferent erscheinen.

So lange die Pflanze lebt, findet ein steter Verbrauch solcher Stoffe statt, welche zur Neubildung von Zellen und zum Ausbau bereits gebildeter Zellen dienen; die Pflanze bedarf somit zu ihrer Entwicklung einer Zufuhr solcher Stoffe, welche geeignet sind, Ersatz für die verbrauchten Materialien zu leisten; solche Stoffe nennt man Nährstoffe, weil sie die zur Ernährung der Pflanze und zur Unterhaltung des Vegetationsprocesses derselben nöthigen Elemente enthalten.

Die hier vorzugsweise in Betracht zu ziehenden Elemente sind diejenigen, aus welchen das Protoplasma zusammengesetzt ist, also Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel; in zweiter Reihe sind als unbedingt für den normalen Vegetationsprocess nothwendige Stoffe zu nennen: Eisen, Calcium, Magnesium, und Phosphor, sowie wahrscheinlich auch Natrium und Chlor, abgesehen von den für das Leben gewisser Pflanzen nöthigen Stoffen, deren Bedeutung aber gerade in dieser Beziehung nicht ermittelt ist, wie z. B. sich gewisse Pflanzen nur auf solchem Boden vorfinden, welcher bestimmte Bestandtheile enthält, welche andere Pflanzen nicht oder nicht in dem Maasse bedürfen, z. B. die auf Galmei-haltigem Boden wachsende Viola calaminaria etc., die Salsola-Arten etc.

Die Aufnahme der Nährstoffe findet bei den höher organisirten Pflanzen hauptsächlich vermittelst der Wurzeln, und zwar an den mit Papillen und Wurzelhaaren versehenen jüngsten Theilen derselben, statt; bei niederen Gewächsen scheint die ganze

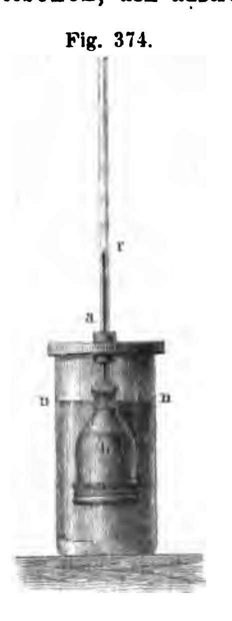
*) Botanische Zeitung 1869, vom 13. März.

Oberfläche sich an der Aufnahme der benöthigten Stoffe zu betheiligen. Gasförmige Nährstoffe werden ausserdem noch den höheren Pflanzen durch die Spaltöffnungen der Blätter zugeführt, und ebenso aus diesen die unbrauchbaren Gase ausgehaucht.

Die Verbreitung der aufgenommenen Nährstoffe, welche nur in flüssiger oder gasförmiger Form fähig sind, das Pflanzengewebe zu durchdringen, geschieht nach den Gesetzen der Diffusion oder der Exosmose und Endosmose.

§. 106. Unter Diffusion oder Diosmose versteht man den Vorgang, bei welchem Flüssigkeiten die Zellwände durchdringen und allmälig sich in ihrer Dichtigkeit ausgleichen; die diese Erscheinung begleitende Strömung nennt man osmotische Strömung und den in die Zelle eindringenden Strom den endosmotischen, den austretenden den exosmotischen Strom. Ein Beispiel lässt diesen Vorgang leicht verständlich machen: Füllt man z. B. eine Flasche mit abgesprengtem Boden, welche statt des letzteren einen Verschluss aus Schweinsblase trägt (Fig. 374), mit einer Zuckerlösung, und stellt dieselbe in der durch die Abbildung angedeuteten Weise in ein Gefäss mit Wasser, so dringt das letztere (n) allmälig durch die Blase in das Gefäss (b) und man bemerkt in der aufgesetzten Röhre (r) allmälig ein Steigen der Flüssigkeitssäule, während das Niveau des das Gefäss (b) umgebenden Wassers fällt. Dabei tritt zugleich ein Theil der Zuckerlösung in das aussen befindliche Wasser, was bald durch den Geschmack erkennbar wird. Dieser Austausch dauert so lange fort, bis die aussen und die in dem mit Blase verbundenen Gefäss befindliche Flüssigkeit gleich viel Zucker enthalten, und somit die Dichtigkeit ausgeglichen ist.

Fig. 374.



Die Zunahme der Flüssigkeitsmenge in dem Gefässe, welches die concentrirtere Flüssigkeit, also in diesem Falle die Zuckerlösung, enthält, erklärt sich mit der grösseren Durchgangsfähigkeit der dünneren Flüssigkeit durch die Blase oder in der Pflanze durch die Zellmembran. Hier handelt es sich um eine Ausgleichung zwischen dem dichteren Zellsaft und der dünneren Flüssigkeit, welche die Pflanze aus dem Boden aufnimmt und welche die anorganischen Nährstoffe gelöst enthält. Auf diesem Vorgang beruht also die Aufnahme der Boden-

feuchtigkeit, welche den Pflanzen die Nahrung aus dem Boden zuführt. Das Wasser ist somit der Träger der bei weitem grössten Menge der wichtigeren Nahrungsmittel der Pflanzen.

§. 107. Die Zufuhr der chemischen Elemente, welche als Nahrungsmittel der Pflanzen dienen, findet in den folgenden Verbindungen statt:

Kohlenstoff empfängt die Pflanze vorzugsweise aus der von den chlorophyllhaltigen Organen aufgenommenen Kohlensäure und zwar indem letztere, wie bereits oben gesagt, durch den Einfluss des Lichts zerlegt wird. Der Kohlenstoff wird festgehalten und dient zugleich mit dem Wasser als Material für jene Pflanzenbestandtheile, aus welchen die Elementarorgane sich aufbauen oder welche in den Zellen als diejenigen Verbindungen abgeschieden werden, welche man als Kohlenhydrate bezeichnet. Der bei Zerlegung der Kohlensäure freiwerdende Sauerstoff wird vielfach eliminirt. Als wichtigste Quellen für die Bildung von Kohlensäure sind zu betrachten: Die atmosphärische Luft, welche die von Menschen und Thieren durch den Athmungsprocess ausgeschiedene Kohlensäure enthält; ferner liefern solche die verschiedenen Verbrennungsprocesse, und endlich jene Vorgänge der Verwesung oder Vermoderung organischer Substanzen, die, pflanzlichen Ursprungs, zur Bildung von Humus verwendet werden, welcher grosse Mengen von Kohlensäure und Wasser liefert, indem der Sauerstoff der vegetabilischen Substanzen sich theils mit dem Kohlenstoff, theils mit dem Wasserstoff verbindet. Ist die verwesende Substanz noch stickstoffhaltig, wie animalische Stoffe, Proteïnkörper, so entsteht bei der Zersetzung derselben noch durch Zusammentritt von Stickstoff und Wasserstoff Ammoniak, oder durch Verbindung der ersteren mit Sauerstoff, Salpetersäure.

Da der Kohlenstoff in vegetabilischen Geweben etc. überwiegend vorhanden ist, und der zugleich vorhandene Sauerstoff nicht ausreicht, so wird noch solcher aus der atmosphärischen Luft aufgenommen und die Umwandlung in gasförmige Producte geht nur allmälig unter Bildung von Humus oder Moder vor sich, daher dieser langsame Process als Vermoderung bezeichnet wird, während bei der Verwesung derselbe viel rascher verläuft; im Allgemeinen sind jedoch die Endresultate die gleichen.

Sauerstoff wird zugleich mit anderen Nährstoffen, wie z. B. mit der Kohlensäure, aufgenommen; aber die Pflanze erhält denselben auch noch durch den sogenannten Athmungsprocess aus der atmosphärischen Luft und ist er nicht allein dazu bestimmt, der Pflanze einen Ueberschuss an Kohlenstoff zu entziehen, sondern er scheint speciell noch für die Entstehung des Protoplasmas von Wichtigkeit zu sein.

Der Wasserstoff scheint der Pflanze nur durch das Wasser zugeführt zu werden; wenigstens gilt dies für die stickstofffreien Verbindungen in derselben, während bei den stickstoffhaltigen ohne Zweifel auch das Ammoniak eine weitere Quelle bildet.

Der Stickstoff wird sowohl aus der Atmosphäre und zwar durch die Spaltöffnungen aufgenommen, als auch aus dem Boden in Form von salpetersauren und Ammoniaksalzen, welche aus einer Zersetzung animalischer oder sonst stickstoffhaltiger Stoffe hervorgegangen sind.

Die übrigen Nährstoffe kommen sämmtlich aus dem Boden und gelangen wohl nur als gelöste Salze auf dem Wege der Diffusion in das Pflanzengewebe; der zur Ernährung der Pflanze dienliche Boden ist ein Gemenge von Humus oder den in Verwesung begriffenen organischen Stoffen nebst mineralischen oder anorganischen Stoffen, welche, aus verwitterten Gesteinen stammend, die sogenannte Ackererde bilden, wie schwefel- und phosphorsaure Salze, Chlornatrium, Natron, Kali, Kalkerde, Talk- und Kieselerde, Eisen, Manganoxyd etc. Dass alle diese Stoffe von den Pflanzen aus dem Boden aufgenommen werden, steht fest, obgleich der Bedarf an den einzelnen Nährstoffen je nach den betreffenden Pflanzenarten ein verschiedener ist; so nehmen Hafer und Gerste vorzugsweise Kieselerde und Kalk, Weizen erstere und Kali, die Kartoffeln vorzugsweise letzteres, Klee hauptsächlich Kalk aus dem Boden auf; es beruht darauf die sogenannte Wechselwirthschaft, bei welcher durch rationelle Abwechslung mit den Kulturpflanzen das nöthige Gleichgewicht in den Bestandtheilen der Ackerkrumme erhalten wird, während bei fortwährender Kultur einer und derselben Pflanze immer der der letzteren nöthige Bestandtheil nach und nach dem Boden entzogen und dann die weitere Kultur ihr Ende erreichen würde. Die Düngung ist auch aus dem Grunde eines der wichtigsten Hülfsmittel für die Agricultur, weil durch dieselbe dem Boden Ersatz für die demselben entzogenen Bestandtheile geliefert wird; sie wird zum Theil bewerkstelligt durch Vermengen des Bodens mit Stalldünger, welcher in den pflanzlichen Bestandtheilen das zur Bildung von Humus nöthige Material enthält, während zugleich die Excremente der Thiere demselben die Kohlenstoffverbindungen, Phosphor, Stickstoff etc., zuführen.

Besonders wichtig ist die Düngung mit sogen. chemischen Dungmaterialien, welche nach wissenschaftlichen Prinzipien zusammengesetzt, die Wirkung des Stalldüngers vermehren und deren Einführung durch Liebig und Andere einen grossen Aufschwung in der Landwirthschaft bewirkt hat, worauf wir jedoch hier nicht weiter eingehen können.

§ 108. Trotz aller in dieser Hinsicht erzielten, durch die Praxis bewährten Erfolge, durch Anwendung geeigneter Zufuhr von Nährstoffen für die Kulturpflanzen, sind wir über die Beziehungen dieser Stoffe zum Leben der Pflanze selbst bis jetzt noch sehr wenig unterrichtet und beruht jede Erklärung fast nur auf Muthmassung.

So nimmt man ohne Zweifel mit Recht an, dass die Phosphorsäure, welche in Form von Salzen von den Pflanzen aufgenommen wird, in einer gewissen Beziehung zur Bildung von Eiweissstoffen stehe, während ebenso eine Beziehung zwischen dem Kali und den Kohlenhydraten bestehe; doch ist darüber noch nichts Genaueres nachgewiesen, man weiss nur, dass den Pflanzen ein sogenanntes „Wahlvermögen" zukommt, welchem zu Folge dieselben aus Lösungen, welche neben einander mehrere Nahrungsmittel enthalten, gerade diejenigen in der nöthigen Menge aufnehmen, welche zum Ersatz der verbrauchten Stoffe die geeignetsten sind.

Die rohen, von der Pflanze aufgenommenen Nährstoffe sind in dieser Form noch nicht geeignet, sich unmittelbar an der Neubildung von Gewebstheilen oder überhaupt von pflanzlichen Producten des Vegetationsprocesses zu betheiligen; es sind dafür gewisse wichtige Veränderungen nöthig, welche sie erst für die Verwendung im Ernährungsprozesse geeignet machen; diese Umwandlung des rohen Nährstoffs für den genannten Zweck nennt man Assimilation und es bietet dieser Prozess gewissermassen eine Analogie mit dem der Verdauung im Thierkörper, obgleich derselbe in seinen Resultaten wesentlich verschieden ist; denn während bei der letzteren es sich einfach darum handelt, aus aufgenommenen organischen Nährstoffen die für die Unterhaltung des Lebensprozesses nöthigen Bestandtheile zu verwerthen, hat die Pflanze aus anorganischen Stoffen die für die Bildung organischer Neubildungen nothwendigen einfachen Stoffe aufzunehmen und zu weit complicirteren organischen Verbindungen zu vereinigen.

Ueber die Vorgänge in dieser Beziehung ist gleichfalls nichts bekannt, als dass dabei hauptsächlich der Einfluss von Licht und Wärme eine wichtige Rolle spielt und dass deshalb die Assimilation in denjenigen Pflanzentheilen am lebhaftesten vor sich geht, welche wie die peripherischen, namentlich die flach ausgebreiteten Blätter, diesen Agentien am zugänglichsten sind. Der aufsteigende Saftstrom ist es, welcher die mit der Bodenfeuchtigkeit aufgenommenen Stoffe als wässerige Lösung den Blättern zuführt; dort verdunstet das Wasser, nachdem es bis in die feinsten Verästelungen des Nervengeflechtes der Blätter vorgedrungen ist und dieser Vorgang wird als Transpiration, Ausdünstung, bezeichnet.

Die auf diesem Wege ausgeschiedenen Wassermengen sind oft sehr beträchtlich und desshalb eine grosse Kraft nöthig, welche diesen aufsteigenden Strom bis in die feinsten Gefässbündelverästelungen der Blätter hinaustreibt.

Der Saft verfolgt seine Bahn durch den Xylemtheil der Gefässbündel; wo diese letzteren enden, wird er durch Endosmose bis in die äussersten Zellen weiterbefördert; doch wirken auch die Zellen des Cambiums bei der Saftleitung mit, wenn gleich durch Versuche erwiesen ist, dass die Xylemparthien der Gefässbündel für sich allein im Stande sind, die Leitung des Stromes zu unterhalten.

Dass bei der Aufwärtsbewegung des Saftes von der Wurzel bis zu den Blättern nicht die Diffusion die Hauptrolle spielt, wie früher häufig angenommen wurde, beweist eine Reihe von Versuchen, welche darthun, dass in den leitenden Gefässen keine die osmotischen Strömungen begünstigenden Bestandtheile enthalten sind; ferner, dass die meist porösen oder getüpfelten Gefässe, welche durch diese Poren oder Tüpfel mit einander frei communiciren, nicht für den Vorgang der Diffusion geeignet sind; endlich, dass auch der Saftstrom in den obersten Theilen des Stammes nicht concentrirter wird, was bei osmotischen Strömungen entschieden der Fall sein müsste, und dergl.

Die für diesen Prozess massgebenden Ursachen sind nach gegenwärtigen Anschauungen die folgenden:

1) Wirken die durch die Tüpfel mit einander communicirenden Zellenräume des Holzes vermöge ihrer Feinheit nach Art der Capillare oder Haarröhrchen; 2) findet eine Aufsaugung seitens der Zellwände statt, so dass sich der aufsteigende Saft in die äusserst feinen Zwischenräume der zarten Zellmembran eindrängt und so den Saftstrom unterstützt; 3) übt auch die lebende Wurzel kräftig ansaugend und drängt durch Aufnahme neuer Feuchtigkeit die bereits eingetretene vorwärts, bis entweder alle Gewebe der Pflanze mit letzterer erfüllt sind oder bis der von der Flüssigkeit geübte Druck der ansaugenden Kraft der Wurzel gleich geworden ist. Angestellte Versuche mit dem Manometer, einem Instrumente zum Messen der Dichtigkeit der Luft, haben ergeben, dass die aufsteigende Kraft der Wurzel im Stande ist, Flüssigkeit über 30 Fuss hoch zu heben.

§ 109. Als wichtigste Vorgänge bei der Assimilation der rohen Nährstoffe sind hervorzuheben: Die Concentration des aufsteigenden Saftes durch die Transpiration, welche das Wasser dampfförmig durch die Spaltöffnungen der Blätter eliminirt, während sich der entstehende Verlust durch fernere Aufsaugung wieder ausgleicht. Die grössere oder geringere Thätigkeit dieses Phänomens ist bedingt durch die mehr oder weniger starke Einwirkung des Lichtes und der Wärme, durch die Ausdehnung der Blatt-

flächen etc. und geht schon daraus hervor, dass die Einflüsse des Lichtes, der Wärme, etc. von grosser Bedeutung sind, weil in der Regel zur Nachtzeit die Spaltöffnungen geschlossen sind.

Verschieden von der Transpiration der Pflanze sind die Erscheinungen der Respiration oder Athmung, wobei ein Austausch gasförmiger Stoffe zwischen der Pflanze und der sie umgebenden Luft oder dem Wasser stattfindet, wie z. B. die Ausscheidung von Sauerstoff, welche nach Aufnahme der Kohlensäure in den grünen Pflanzentheilen unter Einwirkung des Lichtes erfolgt, wie wir bereits oben angegeben haben; umgekehrt aber findet an den grünen Pflanzentheilen im Dunklen, bei den nicht chlorophyllhaltigen fortwährend, eine Aufnahme von Sauerstoff und Ausscheidung von Kohlensäure statt, worauf sich die Thatsache gründet, dass das Schlafen in geschlossenen Räumen, welche viele Pflanzen einschliessen, schädlich werden kann.

Die Assimilation des Kohlenstoffs unter Aushauchung von Sauerstoff in den grünen Pflanzentheilen und unter Einwirkung des Lichts ist ein Akt der Ernährung, wie auch die Assimilation des Ammoniaks, der Salpetersäure etc., welche dabei in kohlenstoffreiche organische Verbindungen unter Abscheidung von Sauerstoff übergeführt werden. Ebenso findet die Bildung des Chlorophylls nur statt in Folge der durch das Licht bewirkten Ausscheidung von Sauerstoff, mit Ausnahme der Bildung des grünen Farbstoffs in den Wedeln der Farrnkräuter und den Cotylen der Coniferen, welche auch im Dunklen vor sich geht, wenn die Temperatur nicht zu niedrig ist.

Im Dunklen entwickelte Pflanzentheile der Mono- und Dicotylen bleiben bleich (etioliren) und enthalten in ihren Zellen gelb gefärbte Körner (Xanthophyll) statt des grünen Chlorophylls, in welches sie jedoch bei Einwirkung des Lichtes allmälig unter Vergrösserung übergehen.

Ob auch die Bildung der bunten Farbstoffe von Blättern oder Blüthentheilen an die Wirkung des Lichtes geknüpft ist, konnte bisher noch nicht nachgewiesen werden.

Die Vorgänge bei der Ernährung haben sich bisher noch der Forschung entzogen und nur deren Resultate sind zum Theil bekannt; man weiss, dass in Folge der Aufnahme und der Assimilation der aufgenommenen Nahrung, unter gleichzeitiger Einwirkung des aufgenommenen Sauerstoffs und Lichts, neben Chlorophyll oder vielmehr in demselben Stärke gebildet wird, welche nach Entziehung des Lichtes unter Bildung verwandter Stoffe, wie Zucker, Dextrin, etc. sich wieder löst; dieser Prozess geht also in ununterbrochenem Wechsel während der Vegetationsperiode der Pflanzen vor sich. In den unreifen Früchten der Pomaceen etc. findet sich Stärke, in den reifen ist dieselbe in Zucker umge-

wandelt; ebenso ist in den Oliven neben Chlorophyll auch wahrscheinlich aus Stärke entstandener Mannit enthalten, welche bei der Reife in dem Maasse verschwinden, als fettes Oel im Fruchtfleisch auftritt; ebenso sind ohne Zweifel noch andere Ex- und Secretionsproducte der Pflanzenzelle aus dem assimilirten Nahrungsstoff hervorgegangen, ohne dass uns alle Phasen der Umwandlung bis jetzt bekannt sind.

Aus den in den chlorophyllhaltigen Geweben, zunächst aus dem aufgenommenen Kohlenstoff und Wasser, gebildeten Kohlenhydraten scheinen durch Aufnahme von Stickstoff aus den Salzen der Salpetersäure und dem Ammoniak die Eiweisskörper gebildet zu werden, die selbst wieder zur Bildung von Protoplasma verwendet werden. Der Zellstoff scheint besonders aus einer Umwandlung von Stärke, Jnulin, Zucker etc. unter Sauerstoffaufnahme gebildet zu werden, indem diese Stoffe stets aus den Zellen verschwinden, sowie eine lebhafte Cellulosebildung stattfindet.

Was die Bildung der stickstoffhaltigen Proteinkörper, Alkaloide, ferner der nur ternären Pflanzensäuren, der Harze und ätherischen Oele betrifft, so ist auch über diese nichts näheres bekannt und beruhen alle darauf zielenden Angaben blos auf Vermuthungen.

Das Leben der Pflanze wird nur durch fortwährende Bewegung des assimilirten Nahrungsstoffs unterhalten, durch welche letzterer entweder den Regionen zugeführt wird, wo sich ein Bedürfniss dafür geltend macht, oder wo er aufgespeichert wird, um als Reservematerial während der Vegetationsruhe zu dienen; als Reservemagazine dienen in der Regel bei perennirenden Pflanzen die Wurzelstöcke, Knollen, Stämme und deren Rinde, bei den nur einmal fructificirenden Pflanzen sind es dagegen die Früchte selbst.

Bezüglich der Wege, auf welchen der assimilirte Nahrungssaft gewöhnlich fortbewegt wird, nimmt man an, dass das parenchymatöse Gewebe der Rinde, des Marks und der Markstrahlen besonders bei der Fortleitung der stickstofffreien Verbindungen, also der Fette, Kohlenhydrate etc., thätig ist, während die stickstoffhaltigen durch die prosenchymatösen Elemente der Gefässbündel kreisen.

Die Fortbewegung des assimilirten Nahrungssaftes scheint hauptsächlich auf den Gesetzen der Diffusion zu beruhen, wenngleich auch der, in Folge einer Spannung der Zellen des den leitenden Zellen zunächst liegenden Gewebes stattfindende, Druck daran betheiligt ist. Durch die Strömung des Nahrungssaftes wird nicht allein die Zellbildung unterhalten, sondern auch das Wachsthum der Zellwand durch Einlagerung neuer Bestandtheile vermittelt.

Drittes Kapitel.

Fortpflanzung und Vermehrung.

§ 110. Wie im Thierreiche, so gehört auch im Pflanzenreiche die Erhaltung der Art mit zu den wichtigsten Functionen. Sie findet in dem letzteren aber entweder durch Vermehrung, wobei neue Individuen durch Theilung, nämlich durch Ablösung von Knospen von der Mutterpflanze entstehen, welche sich bei gehöriger Behandlung zu selbstständigen Individuen entwickeln; oder durch Fortpflanzung statt, in welch' letzterem Falle in Folge der Thätigkeit dazu bestimmter Organe, der Geschlechts- oder Fortpflanzungsorgane, Pflanzentheile gebildet werden, welche bei den Phanerogamen wenigstens den Keim zur Entstehung eines neuen, selbstständigen Individuums einschliessen. Die Vorgänge bei der Fortpflanzung der Cryptogamen, welche durch ihre verschiedenen Modificationen auch zum Theil die Grundlagen für die Systematik abgeben, werden wir bei der speciellen Betrachtung der einzelnen Klassen erörtern und bemerken hier nur noch, dass auch bei dieser Abtheilung entweder durch Abschnürung einzelner Theile, also durch Vermehrung, oder durch embryolose Keimkörner (Sporen) die Fortpflanzung stattfindet.

Betrachten wir nun zuerst die Vermehrung, so haben wir zwischen natürlicher und künstlicher Vermehrung zu unterscheiden; erstere findet theils freiwillig durch Knospen und knospenartige Gebilde statt, theils bedarf dieselbe der Nachhülfe des Menschen, z. B. wo es sich um Theilung von Knollen etc. handelt. Die künstliche Vermehrung fällt in das Gebiet gärtnerischer Thätigkeit und umfasst die unter dem Namen „Pfropfen", „Oculiren" etc. bekannten Operationen. Die Vermehrung durch Knospen, welche bei verschiedenen Pflanzen, wie bei dem Knoblauch und anderen Allium-Arten, bei Polygonum viviparum L., etc. an Stelle der Blüthen sich ausbilden*) oder auch wie bei Lilium bulbiferum L. in den Achseln der oberen Blätter entstehen; ebenso diejenige durch Zwiebeln, Knollen, welche z. B. bei Orchis-Arten die Anlage zu einem, bei der Kartoffel zu mehreren neuen Individuen einschliessen, was man an der Anzahl der vorhandenen Augen, deren jedes eine neue Pflanze hervorbringt, erkennen kann, ist eine natürliche, welche sich auch ohne Beihülfe des Menschen vollzieht. In selteneren Fällen findet auch eine Vermehrung durch Bildung von Adventiv-

---

*) Man nennt solche Pflanzen deshalb Plantae viviparae.

knospen, aus welchen junge Pflänzchen unter günstigen Umständen entstehen, statt, was z. B. bei der Kultur von Begonien benützt wird, wo diese Knospen an den Verzweigungen der Blattnerven auf der untern Blattfläche auftreten; ähnliches ist bei den Gessneriaceen etc. der Fall, auch bei unserem Wiesenschaumkraut (Cardamine pratensis L.), wo die Knospen am Grunde der Theilblattstiele, oder bei den Blättern gewisser Aurantiaceen, wo sie an der Artikulation des Blattstiels hervortreten. Ferner gehört noch hierher die Vermehrung durch Ausläufer (Stolones), wie solche allgemein von der Erdbeere bekannt ist.

Zu den Arten der künstlichen Vermehrung ist die durch Stecklinge oder Ableger, das Oculiren, Pfropfen, Copuliren, Ablactiren oder Absäugen zu zählen.

Stecklinge nennt man abgeschnittene Zweige oder oberirdische Stengeltheile, welche einfach in die Erde gesteckt, sich zu neuen Pflanzenindividuen entwickeln; es ist aber dabei nöthig, dass die durch das Abschneiden verursachte Wunde zuvor vernarbt, was durch eine vermehrte Thätigkeit des Cambiums zwischen Rinde und Holz bewirkt wird; es entsteht nämlich in Folge jener eine starke Wucherung, welche ein Parenchymgewebe erzeugt, welches sich über die Schnittwunde des Holz- und Basttheils herüberlegt und eine schützende Decke bildet, den sogenannten Callus, welcher allmälig von Kork überzogen wird und so den Steckling vor Zerstörung sichert. Die neuen Wurzeln treten unmittelbar aus dem Cambium hervor und zwar entweder über dem Callus oder indem sie diesen durchbrechen.

Fig. 375.

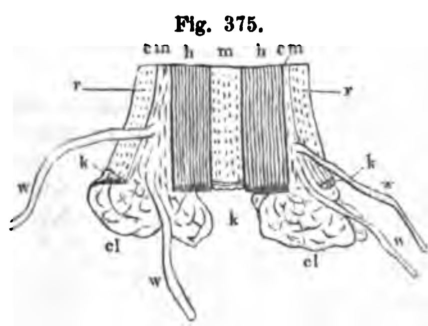


Fig. 375. Unteres Ende eines in der Callusbildung begriffenen Stecklings (schematisch); Cm Cambium, b Rinde, h Holz, k Kork, m Mark, w Wurzeln.

Ableger oder Absenker bildet man bei der Rose, Syringe, dem Weinstock etc., indem man einfach Zweige gegen den Boden herabbiegt und mit Erde bedeckt, so dass die Spitze des Zweigs frei herausragt; wenn der Zweig, den man noch bis zum Mark anschneidet und einige Zoll der Länge nach aufschlitzt, durch Absenker aus der verwundeten Stelle sich bewurzelt hat, kann die Verbindung mit der Mutterpflanze durch Abschneiden gelöst werden. Bei den unter den Benennungen Oculiren, Copuliren, Pfropfen etc. bekannten Operationen tritt auch das Cambium hauptsächlich in Thätigkeit; hier handelt es sich darum,

den von einem Baume oder überhaupt einer Holzpflanze abgetrennten Zweig, eine Knospe oder nur ein Reis, auf einen anderen Stamm überzupflanzen um mit letzterem zu verwachsen und sich auf demselben weiter auszubilden; es geschieht dies z. B. um edlere Rosenarten, Obstarten, etc. zu vermehren, indem man Zweige edler Arten auf nicht veredelte, sogenannte Wildlinge überträgt; diese veredelnden Zweige oder Reiser nennt man Edelreis.

Bei der Copulation wird auf den Wildling ein ebenso dickes Edelreis aufgepflanzt, nachdem die Flächen beider schräg, aber so abgeschnitten sind, dass sie sich dicht berühren; dabei drängt sich der durch das Cambium gebildete Callus zwischen Holz und Rinde nach der Wundfläche, diese ganz überziehend, und so die noch lebenden Gewebspartien innig vereinigend. Fig. 376.

Bei dem Pfropfen wird ein unten meiselförmig zugeschnittenes Edelreis in eine Spalte des Wildlings mit der Vorsicht eingesetzt, dass sich der Splint des ersteren in unmittelbarer Berührung mit jenem des letzteren befindet; man nennt dieses Verfahren Pfropfen in den Spalt (Fig. 377); eine andere Methode, wobei das Edelreis, statt in einem Spalt, am Rande der Schnittfläche zwischen Holz und Rinde befestigt wird, nennt man Pfropfen auf die Rinde.

Fig. 376. Längsschnitt durch eine durch Copulation vereinigte Achse; r Rinde, h Holz, cl Callus, m Mark.

Fig. 377.



Fig. 377. Pfropfen in den Spalt, d Wildling mit eingefügtem Edelreis.

Bei dem Oculiren, welches in der Regel im Frühjahr geübt wird, weil da das Anwachsen viel rascher stattfindet, schiebt man eine Knospe, die man mit der umgebenden Rinde von einem Edelreis gelöst hat (das sogenannte Schildchen), in eine T-förmige Spalte des Wildlings, so dass es von der Rinde des letzteren festgehalten wird, worauf man die Wunde so verbindet, dass keine Feuchtigkeit in die Wunde eintreten kann. Diese Prozedur versinnlicht Fig 378, wo links der Schnitt im Wildling angedeutet ist, in der Mitte die Knospe des Edelreises mit seinem Stützblatt und rechts dieselbe im Wildling befestigt erscheint. Das Oculiren im Früh-

jahre wird als das auf das treibende Auge, dieselbe Procedur im Herbst — Oculiren auf das schlafende Auge benannt, wobei man dem Wildling alle Triebe lässt und die wilden erst im folgenden Frühjahr abschneidet.

Das Ablactiren oder Absäugen leitet man in der Weise ein, dass man einen Zweig eines Wildlings mit dem einer benachbarten veredelten Pflanze dadurch verbindet und zur Verwachsung zwingt, dass man an beiden Zweigen die Rinde bis zum Splint entfernt und die beiden blosgelegten Stellen dicht mit einander verbindet; nach dem Verwachsen wird das Edelreis von seiner Mutterpflanze abgeschnitten.

In allen Fällen sind die bei diesen Prozeduren bewirkten Verwundungen gut durch Bedeckung mit Bast und Baumwachs gegen Eindringen von Feuchtigkeit und gegen die atmosphärischen Einflüsse zu sichern.

Fig. 378.



Die Uebertragung einer Knospe auf eine andere Pflanze gelingt aber nur dann mit Erfolg, wenn beide, die Knospe und der Wildling, von verwandten Pflanzenarten abstammen. Diese Art der Fortpflanzung durch Knospen, bei welcher Gruppen von Zellen jener dienen, ohne einer weiteren Vorbereitung oder der Einwirkung anderer, zu denselben in geschlechtlichem Gegensatz stehender Zellen zu bedürfen, wird als eine Fortpflanzung durch Keimzellen bezeichnet, während diejenige, welche das Resultat geschlechtlicher Einflüsse bildet, eine Fortpflanzung durch Eizellen genannt wird.

Die erstere Art der Fortpflanzung findet aber spontan auch bei niederorganisirten Pflanzen statt, wo, wie bei der einzelligen, die ganze Zelle den Zwecken der Vermehrung dient und durch Theilung neue Einzelwesen gleicher Art entstehen.

Die Fortpflanzung durch Keimzellen, also ohne geschlechtlichen Gegensatz, findet in sehr verschiedener Form statt, namentlich durch Sporen, Brutzellen, Lagerkeime und Brutknospen. Bei den niederen Pflanzen geschieht die Vermehrung durch Sporen; es sind dies in der Regel einfache oder von einer doppelten Membran umgebene Zellen, welche sich an gewissen Stellen der Pflanze oder auch in eigenen Behältern oder Fruchtkörpern bil-

den und deren Mutterzellen als Sporangilen bezeichnet werden. Wir werden auf dieselben bei der Betrachtung der Pilze speciell zurückkommen.

Fehlen die für die Bildung der Sporen nöthigen Bedingungen, so werden letztere durch sogenannte Brutzellen ersetzt, welche unter günstigen Umständen sich zu vollständigen Pflanzen zu entwickeln befähigt sind, aber sich dennoch in soferne von den Sporen unterscheiden, als sie eben nur pathologische Producte darstellen; hierher gehört z. B. das Zerfallen des Schimmelpilzes oder vielmehr dessen Fäden in einzelne Glieder bei schlechter Ernährung etc.

Schon eine höhere Entwickelungsstufe bilden die Lagerkeime oder Gonidien, welche in der Mittelschicht des Thallus von Flechten und Moosen auftretend, die Rindenschicht in Gestalt lockerer, von einer losen, faserigen Hülle umgebener Häufchen durchbrechen. (Man vergleiche darüber unter den Flechten.)

Endlich gehören noch hierher die den Laub- oder Lebermoosen eigenthümlichen, regelmässige Complexe von Zellen bildenden Brutknospen, welche sich aus ihrem Zusammenhang mit der Mutterpflanze lösend, zu neuen Pflanzen sich entwickeln; dieselben finden sich bei den Laubmoosen an allen Theilen, namentlich am Stamme, den Wurzelhaaren, Blättern etc., während sie bei den Lebermoosen in eigenen Behältern, den sogenannten Brutbecherchen (Conceptacula) auftreten, welche auf der Oberfläche des Laubs zerstreut sind. (Fig. 379.)

Fig. 379.



Fig. 379. Brutbecherchen von Marchantia polymorpha, vergrössert.

§ 111. Eine sehr wesentliche Verschiedenheit gegenüber den bisher berührten Arten der Fortpflanzung oder Vermehrung durch Keimzellen bietet diejenige durch Eizellen dar, wobei zwei verschiedene Arten von Zellen erst in Folge einer Contactwirkung die den Zwecken der Vermehrung oder Fortpflanzung dienenden Zellen erzeugen; diesen Vorgang bezeichnet man als Befruchtung, bei welcher eine Ausgleichung der Gegensätze, des männlichen oder befruchtenden Elements gegenüber dem weiblichen oder zu befruchtenden stattfindet, deren Endresultat der den Keim zur neuen Pflanze einschliessende Samen ist, welcher unter den für die Entwicklung des letzteren nothwendigen Vorbedingungen ein selbstständiges Individuum hervorbringt.

Verfolgen wir die Lehre von den geschlechtlichen Verhältnissen der Pflanze bis zu den ersten Andeutungen in älteren Autoren, so

scheinen allerdings schon gewisse Vermuthungen einer Geschlechtlichkeit der Pflanzen vorhanden oder wenigstens die Erfahrung zu Theophrast's Zeit gemacht gewesen zu sein, dass man die Zweige der wilden (männlichen) Dattelpalme in blühendem Zustande über die kultivirte (weibliche) Pflanze aufhängen müsse, wenn man Früchte erhalten wolle. Aber man wurde sich über die Ursache dieser Nothwendigkeit nicht klar, bis 1691 gleichzeitig der verdienstvolle englische Botaniker N. Grew und der deutsche Camerarius (Professor der Botanik in Tübingen) die Grundlagen für die Lehre von der Geschlechtlichkeit der Pflanzen lieferten, auf welche der grosse Linné später sein künstliches Pflanzensystem gründete. Die Vorgänge bei der Befruchtung blieben lange unaufgeklärt und es bestanden durchaus falsche Anschauungen, indem man einfach annahm, dass der auf die Narbe gelangte Pollen platze und durch Aufsaugung seines Inhaltes die Befruchtung sich vollziehe.

1822 entdeckte Amici den Pollenschlauch, wenige Jahre später machte Brogniart die Entdeckung, dass letzterer in die Narbe eindringend, bis zum Embryosack vorrücke und von Schleiden wurde die Behauptung aufgestellt, dass der Pollenschlauch selbst an der Bildung des Embryos betheiligt sei; auch Endlicher neigte sich zu der Annahme, dass der durch die Narbenfeuchtigkeit befruchtete Pollenschlauch im Innern der Samenknospe in das Eichen umgewandelt werde.

1847 verfolgte Amici die Befruchtungsvorgänge bei Orchis Morio und entdeckte die Keimbläschen, wodurch die bisherigen Annahmen beseitigt und die Lehre von der Befruchtung der Pflanzen weiter entwickelt und festgestellt wurde, an welchem Verdienste namentlich v. Mohl, Schacht, Radlkofer, Hofmeister u. A. participiren.

Schon 1761 hatte Kölreuter die Entdeckung gemacht, dass bei verschiedenen, mit eigenthümlich organisirten Geschlechtsorganen ausgerüsteten Pflanzen, wie namentlich bei gewissen Malvaceen. Cucurbitaceen, Orchideen, Aristolochiaceen etc., keine spontane Befruchtung eintreten könne, indem der Lage der Narbe nach der Pollen nicht ohne künstliche Beihülfe auf erstere gelangen könne und dass dort die Bestäubung durch Insecten begünstigt werde, welche den Pollen an ihren Füssen, Fühlern etc. auf die Narbe übertrügen. Diese Erfahrung wurde später auf Java von Prof. Morren benützt, um die zu keiner Fruchtentwicklung gelangenden Vanillepflanzen durch künstliche Uebertragung des Pollens zu befruchten, indem man wohl jene Pflanzen aus Mexico nach Java übertragen hatte, aber dort das Insect fehlte, welches in der Heimath derselben die Befruchtung vermittelte.

Kölreuter war es auch, welcher die Entdeckung der in der

Natur häufigen Bastardbildung machte, welche die Folge der Uebertragung des Pollens einer Species auf die Narbe einer anderen Species bildet und welche Erfahrung häufig gärtnerisch zur Erzielung neuer Varietäten benutzt wird.

Die so erzielten Bastarde sind eine Mittelbildung, welche gewöhnlich gewisse Charactere der männlichen und weiblichen Pflanze vereinigen, namentlich die constanten; die nicht constanten oder variablen werden nur theilweise übertragen, solche der letzteren, welche nicht beiden bei der Bestandbildung betheiligten Pflanzen gemeinsam sind, gar nicht. Die Bastardbildung scheint im Leben der Pflanzen eine wichtige Rolle zu spielen und Darwin hat sogar die Ansicht aufgestellt, dass Zwitterblüthen sich überhaupt nicht selbst befruchten, sondern gegenseitig, was wohl nicht durchgängig der Fall ist, aber sehr häufig; es findet diese Behauptung eine wesentliche Stütze in gewissen morphologischen Differenzen, welche als Dichogamie und Dimorphismus bezeichnet werden. Unter Dichogamie versteht man die Entwickelung und Ausbildung der Geschlechtsorgane einer Zwitterblüthe zu verschiedenen Zeiten; so fand man z. B. dass bei gewissen Epidendron-Arten (Orchideen) oft erst ½ Jahr nach der Pollenreife ausgebildete Samenknospen vorhanden sind, so dass von einer Selbstbefruchtung keine Rede sein kann, sondern dieselbe nur durch Uebertragung des Pollens einer gerade stäubenden Pflanze vollzogen wird.

Als Dimorphismus bezeichnet man z. B. das bei Primula officinalis, gewissen Cinchona-Arten, bei Linum perenne, etc. zu beobachtende Verhältniss, dass in einzelnen Blüthen die Staubblätter gegenüber den Fruchtblättern oder letztere gegenüber den ersteren eine überwiegende Ausbildung zeigen, wesshalb man Formen mit langem (longistilis) und solche mit kurzem Griffel (brevistilis Fig. 380, II.) unterscheidet; hier wird den Untersuchungen von Darwin zufolge der Form mit langem Griffel (Fig. 80, I.) und kurzen Staubfäden der Pollen nur durch den Wind oder durch Insecten zugetragen und soll eine Befruchtung gleicher Formen untereinander (sogenannte homomorphe Befruch-

Fig. 380.

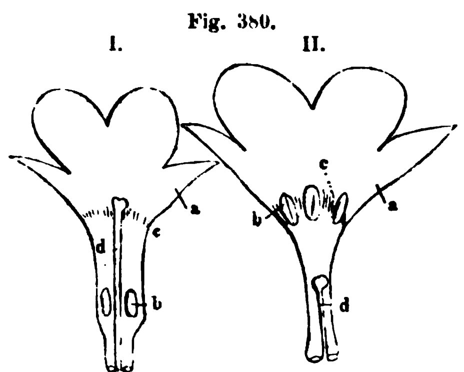


Fig. 380. Dimorphe Blüthen von Pulmonaria; a Corolle, b Antheren, c Haarkranz, d Griffel.

tung) nur selten die Ausbildung keimfähiger Samen zur Folge haben, während auch durch Kreuzung, also durch Uebertragung des Pollens der einen Form auf Individuen der anderen, also durch heteromorphe Befruchtung, stets vollständige Samen erzielt werden.

§ 112. Wie bereits oben gesagt, ist der Samen der Phanerogamen das durch den Befruchtungsact mit dem Embryo oder der Anlage zu einer neuen Pflanze versehene Eichen und es unterscheidet sich derselbe von den Sporen der Cryptogamen, abgesehen von den vorhandenen Samenhüllen, namentlich gerade durch das Vorhandensein des Embryos oder Keimes.

Die Befruchtung kann aber nur dann vor sich gehen, wenn der Blüthenstaub oder Pollen (siehe pag. 131) in innige Berührung mit der Narbe kömmt; dies ist der Fall, wenn die Blüthe im höchsten Stadium der Entwicklung angelangt und der Pollen völlig gereift ist; dann öffnen sich die Fächer der Antheren und ihr Inhalt gelangt auf die Narbe. Dort wird derselbe durch den klebrig-schleimigen Inhalt, den die Papillen der Narbe absondern, festgehalten und geräth in einen Zustand der Schwellung, in deren Verlauf aus mehreren der vorhandenen Oeffnungen der Extine wurmförmige Fortsätze, die sogenannten Pollenschläuche, hervortreten, welche oft eine den Durchmesser des Pollens selbst um das hundertfache übertreffende Länge zeigen, namentlich wenn der Narbenkanal sehr lang gestreckt ist. Während das Pollenkorn selbst immer auf der Narbe liegen bleibt, schiebt sich der Pollenschlauch durch das leitende Gewebe des Kanals bis zu dem in der Fruchtknotenhöhle festsitzenden Eichen und bis in dessen Keimmund herab. Diese Pollenschläuche sind in der Regel einzellig, selten verzweigt (Fig. 381.) und wachsen während des Herabsteigens durch Aufnahme von Säften aus dem umgebenden Zellgewebe; in ihrem Innern bemerkt man unter dem Mikroskop deutliche Strömungen des Protoplasmas.

Fig. 381.

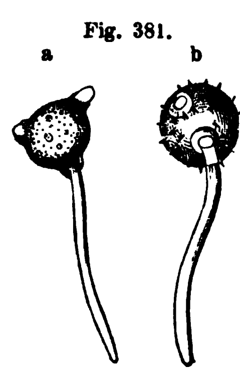


Fig. 381. Antheren mit hervortretendem Pollenschlauch.

Wir haben hier noch auf die schon vor der Befruchtung in der Samenknospe vorgehende Veränderung aufmerksam zu machen, welche dieselbe für den bevorstehenden Befruchtungsact geeignet macht; dieselbe besteht darin, dass in den dem Keimmund zunächst gelegenen Zellen des Kerns in Folge von Resorption vorhandener Zellen und Ausdehnung einer gewissen Zelle, der Keim- oder Embryosack (Sacculus embryonalis, Fig. 382 bei*) ein rundliches oder längliches Bläschen bildet, welches oft einen grossen Theil des Kerns einnimmt und reichlich Protoplasma enthält.

Schon vor der Befruchtung entstehen in dem Embryosack durch Organisation eines Theils des Protoplasmas gewöhnlich zwei Zellen, die sogenannten Keimbläschen oder Keimkörperchen, welche nach Hofmeister nur von einer Protoplasmahülle umgeben unter dem Scheitel des Embryosacks liegen und nach der Befruchtung durch den Pollenschlauch sich zum Embryo entwickeln.

Fig. 382.

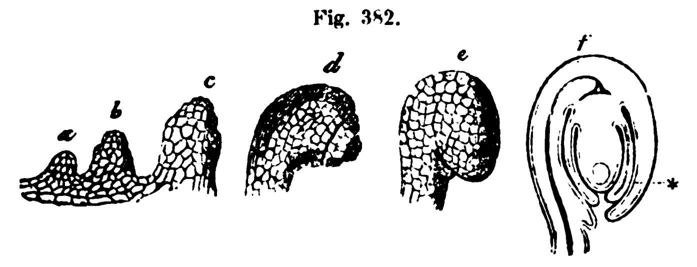


Fig 382. Schema eines gegenläufigen Eichens mit Umhüllungen und Samenleiste; * Embryosack.

(Fig. 383, k). Ausser diesen Keimkörperchen bilden sich gewöhnlich an dem entgegengesetzten Ende des Embryosacks eigenthümliche Zellen, deren Bedeutung noch nicht festgestellt ist, welche aber der den Keimbläschen entgegengesetzten Stellung wegen als Gegenfüssler (Fig. 383, g) bezeichnet wurden.

Die gegen den Scheitel des Embryosacks gerichtete, gestreifte und meist stark das Licht brechende Parthie der Keimbläschen

Fig. 383.

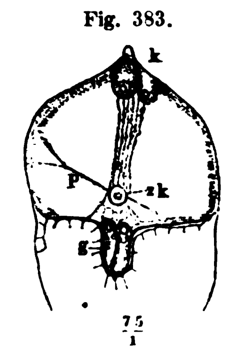


Fig. 383. Scheitel des Samenknospenkerns von Crocus; P Embryosack mit Zellkern (zk); k Keimkörperchen, g Gegenfüssler.

Fig. 384.

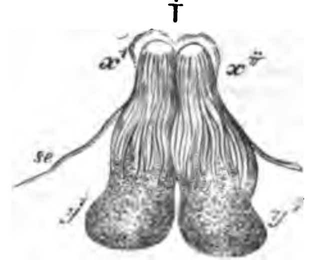


Fig. 384. Die beiden Keimkörperchen mit der Spitze des Embryosacks von Gladiolus segetum; x Fadenapparat, y die Keimkörperchen, se Embryosack.

wurde von Schacht als Fadenapparat bezeichnet (Fig. 384, x) und soll die Bestimmung haben, die befruchtende Substanz aus dem Pollenschlauch in die Keimbläschen zu leiten, worauf er zu

Grunde geht, während sich der Keim ausbildet. Der eigentliche Befruchtungsact geht nun in der Weise vor sich, dass der Pollenschlauch durch den Narbenkanal herabtretend bis zur Samenknospe gelangt, sich dort durch den Keimmund hindurch drängt und so unmittelbar oder nach Durchbrechung des noch über dem Embryosack gelegenen Gewebes zu jenem gelangt (Fig. 385 I, ps); dort legt er sich mit seinem meist kolbig verdickten Ende genau an die Membran des letzteren an (Fig. 385 II.) und es findet die Befruchtung des dort befindlichen Keimbläschens auf noch nicht ermittelte Weise, aber wahrscheinlich durch osmotischen Austausch des Inhalts der sich berührenden Zellen, des Pollenschlauchs und Keimbläschens, statt. Ist die Befruchtung vollzogen, so umgiebt sich das befruchtete Keimbläschen sofort mit einer Zellstoffhülle und beginnt sich zum Embryo auszubilden.

Fig. 385.

I. II.

Fig. 385. Befruchtung von Canna I. e Embryosack, k Keimkörperchen, ps Pollenschlauch, durch die Zellen des Eikerns (c) eindringend. II. Befruchtetes Eikörperchen, bereits in Theilung begriffen, mit anliegendem Pollenschlauch.

Fig. 386.

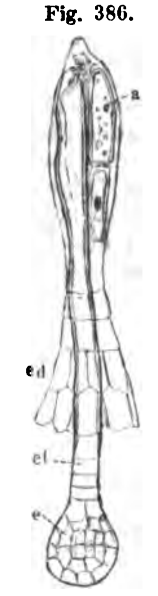


Fig. 386. Keimbildung bei Heliotropium; e Embryokügelchen, et Embryoträger, ed Sameneiweiss, a Zellen, welche aus dem nicht befruchteten Keimbläsehen entstanden sind.

In der Regel wird nur das eine Keimbläschen befruchtet, während das andere zerfällt; ersteres wird bald in zwei Zellen getheilt (Fig. 385 II k), von welchen sich die obere zum Träger (Embryoträger) (Fig. 386) ausbildet, während die untere (Embryokügelchen) durch wiederholte Theilung und Wachsthum sich zum eigentlichen Keim gestaltet.

Der Embryoträger ist verschieden entwickelt, oft nur ganz kurz, wie bei den Gramineen, Liliaceen etc., oft ziemlich lang, wie z. B. bei Cruciferen, Labiaten; zeigt sich derselbe stärker, dick und angeschwollen, so nennt man ihn zuweilen auch Vorkeim oder Proembryo (Hofmeister).

Aus dem Embryokügelchen entwickeln sich nach unten zunächst

die Keimblätter, welche wir bereits p. 40 erwähnt haben; aus der nach unten gerichteten Spitze des Embryos geht das Knöspchen hervor und aus dem oberen Ende des Embryokügelchens, nach dessen Abschnürung vom Träger, das Würzelchen, welches deshalb fast stets dem Knospenmunde zugewendet ist.

Seine Ernährung schöpft der Embryo in den meisten Fällen aus dem bereits im Paragraph 95 erwähnten Sameneiweiss.

§ 114. Die Befruchtung der Gymnospermen (Coniferen und Cycadeen) weicht in einigen wesentlichen Punkten von der bisher beschriebenen der Phanerogamen ab, namentlich schon aus dem Grunde, weil dieselben keine geschlossenen Fruchtknoten, sondern nur eine offene Fruchtschuppe besitzen, in deren Achsel sich die Eichen befinden und auf deren Keimmund der Pollen beim Stäuben gelangt und die Befruchtung vorbereitet.

Der Pollenschlauch entsteht hier nicht wie sonst in der Regel aus der Pollenzelle selbst, sondern nach vorheriger Zertheilung aus einer Tochterzelle (Fig. 387 I u. II); ferner geht die Befruchtung

Fig. 387.

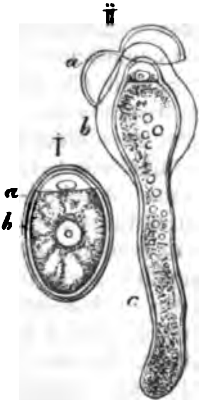


Fig. 387. I. Pollenkorn von Cupressus mit den beiden von den Membranen a und b umgebenen Zellen; II. Entstehung des Pollenschlauchs aus der grösseren Zelle b.

Fig. 388.

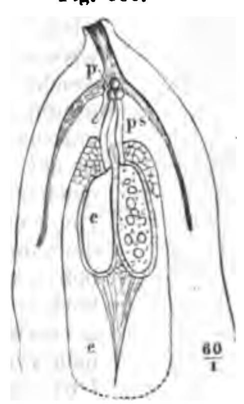


Fig. 388. Befruchtung von Abies pectinata, p Pollen, ps Pollenschlauch, e Embryosack, c Corpuscula.

nicht in dem eigentlichen Embryosack vor sich, sondern in einer grösseren Zelle, welche eine Art secundären Embryosacks oder Corpusculums bildet; solcher Corpuscula finden sich im oberen Theile des Embryosacks, in das Endosperm eingesenkt, in der Regel mehrere, aber nie über zehn; sie sind an ihrem Scheitel gewöhnlich mit vier Keimbläschen versehen, welche man als Schlusszellen oder Deckelrosette bezeichnet und an welche sich der

Pollenschlauch (Fig. 388) anlegt, die Befruchtung einleitet und sich zwischen die Rosettenzellen eindrängt, worauf die Corpuscula verschwinden oder ihren Inhalt verlieren. Es findet aber nach dem Herantreten des Pollenschlauchs eine Theilung der Keimbläschen statt und zwar in je zwei Zellen, von welchen die oberen sich wieder durch Zelltheilung vermehren und wachsen, während die unteren nach dem Grunde des Corpusculums herabdrängen, wo sie sich mit einer Zellmembran umgeben und in zwei Tochterzellen theilen, welche dann die sogenannte untere Rosette oder Keimanlage selbst bilden, während die obersten Zellen sich zum Embryoschlauch entwickeln, welcher mit seinem unteren Theile mit der Keimanlage zusammenhängt. Die vollständige Entwicklung des Keims findet erst nach dem schliesslichen Austreten desselben aus dem Corpusculum in das Eiweiss des ursprünglichen Embryosacks statt und die Corpuscula fallen dann zusammen, oft schon ehe ihr Inhalt vollständig resorbirt ist. (Fig. 389).

§ 115. Die Keimung des Samens findet nach Entfernung aus der völlig ausgebildeten, reifen Frucht theils sofort statt, wenn derselbe in dazu geeignete Verhältnisse gebracht wird, theils bedarf derselbe noch einer gewissen Nachreife, wobei wahrscheinlich irgend welche Veränderungen chemischer Natur Platz greifen, welche den Samen für die Keimung vorbereiten. Die Dauer der Keimkraft ist in der Regel eine sehr verschiedene und bei gewissen Pflanzen, namentlich Gramineen, Leguminosen etc. eine oft sehr lange, wenn die Samen trocken aufbewahrt waren; so haben wir ein Beispiel in dem aus einem egyptischen Grabe stammenden sogenannten Mumienweizen und wir selbst brachten Samen von Leguminosen, wie Phaseolus, Dolichos, aus Bourbon, Voandzeia subterranea aus Westafrika, welche von der pariser Ausstellung stammten, noch 3 Jahre nachher zum Keimen.

Fig. 389.

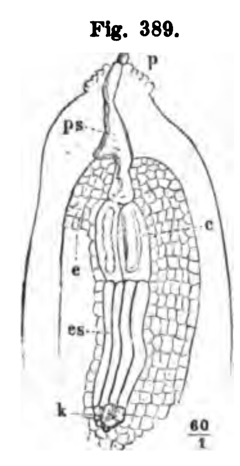


Fig. 389. Befruchtung von Juniperus; es Embryoschlauch mit der Keimanlage am unteren Ende, welche bereits in das Eiweiss hineingeschoben ist; die Bedeutung der übrigen Buchstaben wie bei Fig. 388.

Sind die zur Keimung nöthigen Bedingungen vorhanden, so kann dieselbe in folgender Weise vor sich gehen:

Entweder es streckt sich das Würzelchen durch die Micropyle und nach Zersprengung der durch Wasseraufnahme erweichten Samenschale verlängert sich das Achsenende unterhalb der Cotylen und hebt den Samen aus dem Boden; dabei breiten sich die Samenlappen, welche in diesem Falle auch als Samenblätter oder oberirdische Cotylen (Folia seminalia,

Cotylae epigaeae) benannt werden, aus und fallen erst nach Entwicklung des Knöspchens zur beblätterten Achse ab, wie z. B. bei Phaseolus (Fig. 370 und 68) etc.; oder es findet eine Verlängerung des Stammendes zwischen dem Knöspchen und den Samenlappen statt, in welchem Falle die letzteren unter dem Boden bleiben und dann C. hypogaeae oder unterirdische Cotylen genannt werden, während ersteres hervortritt und unter Entfaltung der ersten Blättchen zum Stamm wird.

Diese Arten von Keimung finden in der Regel bei den Dicotylen statt, mit Ausnahme der Coniferen, wo nach Auswachsen des Würzelchens die Cotylen aus dem Boden treten und in der Mitte das Knöspchen ausbilden, welches sich zu einem Stamme mit einzelnen Blättern entwickelt; die Blätter tragen in ihren Achseln Knospen, welche im folgenden Jahre sich in der Weise ausbilden, dass die äusseren, unteren Blätter trockenhäutige Scheiden für die inneren oder nadelförmigen Blätter bilden, während die in Mitte der wirtelförmigen Blätterbüschel stehende Gipfelknospe sich nicht weiter entwickelt (Fig. 70).

Bei den Monocotylen wächst entweder, wie bei den Gramineen (Fig. 371) etc., das Würzelchen hervor und das Federchen sprengt die Hülle, wobei das äusserste Blättchen von den folgenden durchbrochen wird und als Wurzelscheide zurückbleibt; hiebei tritt der Cotyledo nicht aus der Erde hervor. Oder das Wurzelende wächst mit dem unteren Theile des Samenlappens aus dem Samen und neigt sich nach dem Boden, wo es Wurzeln treibt; das sich entwickelnde Knöspchen durchbricht den scheidenartig geschlossenen Samenlappen und tritt mit einem gleichfalls geschlossen bleibenden Blatt hervor, welches das folgende dann mit der Achse durchbricht, wie dies namentlich bei den Palmen, Asparagineen etc., der Fall ist; auch hier bleibt der Cotyledo in der Erde. Aehnlich ist auch das Keimen von Allium (Fig. 69) etc., wo der Embryo mit der Plumula (b) aus der gesprengten Samenhülle herausgeschoben wird, während sich das Würzelchen (a) kaum streckt und die Spitze des Keimlappens im Samen bleibt.

Schliesslich bemerken wir noch, dass die zum Keimen nöthige Wärme nicht für alle Pflanzen die gleiche ist; die erste Nahrung erhält die Keimpflanze aus dem Samen und zwar aus den Samenlappen, bei vorhandenem Eiweiss aus diesem vermittelst der ersteren. *)

*) Die Fortpflanzung der Cryptogamen werden wir im systematischen Theile bei den einzelnen Klassen geben.

Viertes Kapitel.

Bewegungserscheinungen.

§ 116. Wir haben unsere Aufmerksamkeit noch gewissen Vorgängen im Leben der Pflanzen zuzuwenden, welche man als Bewegungserscheinungen bezeichnet und welche sich als unmittelbare Consequenzen des Lebensprozesses äussern. Man könnte dieselben vielleicht als active Bewegungserscheinungen, gegenüber den durch äussere mechanische Einflüsse hervorgerufenen passiven bezeichnen, weil sie nicht allein die Folge chemischer Prozesse und der auf solche gegründeten molekularen Umsetzungen sind. Im Allgemeinen ist es bis jetzt noch nicht möglich, für alle hierhergehörigen Erscheinungen eine Erklärung zu geben, jedoch weiss man, dass der Wärme, welche theilweise Folge der chemischen Vorgänge ist, sowie der Electricität und dem farbigen Licht ein besonderer Einfluss auf dieselben zugeschrieben werden muss. Diese Kräfte bringen die kleinsten Theilchen im Innern der Pflanze in Bewegung und fördern durch dieselbe sowohl aufgenommene Stoffe von aussen herein, wie auch wieder nach aussen.

Von den Strömungen im Innern von Zellen gehören hierher:

Die sogenannte Rotationsströmung, welche die Zellen von Nitella, Valisneria etc. am besten beobachten lassen und welche nicht das ganze Protoplasma, sondern nur die innere Parthie der Körnerschicht an der einen Wand der Zelle hinauf, an der entgegengesetzten wieder herabbewegt, wie Fig. 2 zeigt; die Bewegung ist eine etwas spiralige, am stärksten in der Mitte der Zelle; die zwischen dem nach auf- und abwärts sich bewegenden Strom befindliche Parthie bleibt unbeweglich. Cotti entdeckte diese Strömung bereits 1772 und erst später kam Treviranus auf diese Entdeckung zurück, die ihm bei den Charen auffiel, wo man im Strome die eigenthümlichen Wimperkörperchen erkennt, deren Bedeutung noch nicht ermittelt ist.

Eine andere Form von Strömung ist die Zweigströmung in den Haaren von Tradescantia, in gewissen Brennhaaren, wo das strangförmige, aber verzweigte Protoplasma eine netzförmige Bewegung zeigt. In der Regel aber ist die letztere keine continuirliche, wie wir bereits pag. 8 angegeben haben.

Eine dritte eigenthümliche, besonders in den Zellen niederer Pflanzen beobachtete Strombewegung wird als Glitschbewegung bezeichnet und diese charakterisirt sich dadurch, dass die sich bewegenden Theile des Protoplasmas pendelartig hin und her getrieben werden.

Endlich ist hier noch die sogenannte Kreisbewegung zu erwähnen, welche man an den beiden Enden der einzelligen Alge Closterium beobachten kann und welche von ununterbrochen sich

im Kreise bewegenden Körperchen hervorgebracht wird, aber auch noch keine bestimmte Erklärung gefunden hat.

Die membranlosen oder jedenfalls zur Zeit ihrer Bewegung nur mit einer höchst zarten Hülle umgebenen Samenfäden und Schwärmsporen vieler Kryptogamen sind gleichfalls zu gewissen Zeiten mit einer wahrscheinlich zunächst von den daran befindlichen Wimpern oder Cilien ausgehenden Bewegung versehen, deren Grundursache nicht erforscht ist; doch weiss man, dass dieselben nach längerer oder kürzerer Zeit eine Pflanze ihrer Art hervorbringen und scheint somit diese Bewegung mit dem Prozess der Vermehrung zusammen zu hängen.

Fig. 390.

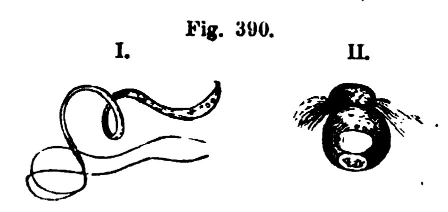


Fig. 390. I. Samenfaden von Nitella; II. Schwärmspore einer Alge (Oedogonium).

Unter Heliotropismus versteht man die nicht selten vorkommende Erscheinung, dass im Wachsthum begriffene Stengelglieder von Pflanzen, namentlich Blattstiele, welche dabei die Blattspreite so stellen, dass sie möglichst der Lichtquelle zugewendet sind, sich der Richtung des Lichtes nach sich krümmen, wobei cylindrische Theile gegen die Lichtseite hin concav werden (positiver Heliotropismus); dieses Verhältniss ist ein sehr häufiges und findet dabei keine Verkürzung des Organs statt, sondern im Gegentheil wird hier die beschattete Seite durch ein intensiveres Längenwachsthum in Folge des Lichtmangels mehr verlängert, als die dem Lichte zugewendete Seite des Pflanzentheils.

Seltener ist die Erscheinung des negativen Heliotropismus, bei welchem, wie bei Vitis, Hedera etc., sich der Stamm an der vom Lichte abgewendeten Seite krümmt.

Wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man einen raschwachsenden Stengel der Länge und Quere nach zerschneidet, zeigen die verschiedenen äusseren und inneren Gewebsschichten in Folge des verschiedenen Wachsthums eine verschiedene Gewebespannung, indem die sich rascher entwickelnden Schichten gehindert sind, sich gehörig auszudehnen, während dieselben aber zugleich eine Dehnung der minder schnell wachsenden Schichten bewirken, welcher die Elastizität der letzteren das Gleichgewicht zu halten sucht. Trennt man deshalb die verschiedenen Schichten, so dehnen sich die rascher entwickelten bemerkbar aus, während die langsamer gewachsenen sich zusammenziehen, wie auf dem Längsschnitt eines schnell entwickelten Stengels leicht zu erkennen ist, wo die inneren Schichten sich ausdehnen, die äusseren schrumpfen. Diese Spannungen in der Längsrichtung der Achse hören mit dem Längen-

wachsthum auf, können aber dann von solchen nach der Querrichtung ersetzt werden. wenn, wie bei unseren Waldbäumen, die Rinde im Umfange langsamer wächst als das Holz, wodurch seitens der ersteren eine starke Pressung stattfindet, während dagegen letzteres eine Dehnung auf die Rinde ausübt.

Eine andere Art von Gewebespannung ist die Folge des Drucks, welchen der Zellsaft bei starken osmotischen Strömungen auf die Zellwände ausübt und welche man als Turgescenz bezeichnet; dieselbe steigt oder fällt mit der Wasseraufnahme in Folge von Schwankungen bei dem Wachsthum verschiedener Gewebsschichten oder wenn die Zellwand an Elasticität zu- oder abnimmt.

Mit Nutation oder Hin- und Herkrümmung bezeichnet man z. B. die Eigenthümlichkeit im Längenwachsthum der Stämme von Schlingpflanzen, bevor dieselben eine Stütze gefunden haben, indem dieselben wellenförmige Krümmungen zeigen, die wahrscheinlich Folge von Unregelmässigkeiten im Wachsthum sind, welches bald auf der einen, bald auf der anderen Seite überwiegt, wodurch dann an den Stellen, wo die Spannung am stärksten ist, die Krümmung eintritt.

Zu den durch äussere Reize bedingten, nicht periodischen Bewegungserscheinungen gehören diejenigen, welche sich bei Berührung der Blätter gewisser tropischen Pflanzen, namentlich mehrerer Arten von Mimosa, zeigen; berührt man die äusseren Fiederblättchen, so legen sich die gegenüberstehenden, wie der Reihe nach alle folgenden, mit ihren Blattflächen an einander. Diese Erscheinung ist wahrscheinlich Folge einer Contraction der Unterseite der Gelenkpolster der Blattstiele, wobei die Turgescenz gemindert wird und das Gewebe der Blattoberfläche sich ausdehnt. Findet ein neuer Saftzufluss in das Gewebe statt, so nehmen die Blättchen die frühere Stellung wieder ein. Ferner gehört hierher die in Folge eines Reizes eintretende Bewegung der Staubfäden von Berberis vulgaris, Kalmia-, Cactus-Arten u. A. gegen das Pistill, wobei sich der Staubfaden krümmt und die Anthere die Narbe berühren kann. Ebenso giebt es Narben, welche zur Zeit des Stäubens der Anthere ausgebreitet sind, bei Berührung aber sich zusammenschlagen, wie bei Martinia, Gratiola etc.

Dass in den Geweben eine stets fluctuirende Ab- und Zunahme der Spannung stattfindet, welche Vormittags am stärksten, Nachmittags schwächer, gegen Morgen aber wieder steigt, zeigt sich am besten an den dreizähligen Blättern von Hedysarum gyrans und gyroides, halbstrauchartigen Pflanzen des südlichen Asiens, welche man in unseren Treibhäusern findet. Von diesen Blättern bewegt sich das grösste mittlere Blatt nur bei Sonnenschein, nimmt aber verschiedene Stellungen bei Tag und Nacht ein; die beiden Seiten-

blättchen beginnen bei einer Temperatur über 22° C. in stete Bewegung zu kommen, wobei sie mit der Spitze einen ovalen Kreis beschreiben; es unterliegt somit keinem Zweifel, dass hier Licht und Wärme, sowie der Feuchtigkeitsgehalt der Gewebe die Ursache dieser Bewegung bilden.

Schliesslich berühren wir hier noch jene periodischen Bewegungserscheinungen, welche man seit Linné als Pflanzenschlaf bezeichnet und welche sich besonders an den Blättern vieler Leguminosen und Sauerkleearten sehr deutlich zeigen; so schlägt z. B. die Acacie ihre Blätter nach unten, Oxalis nach oben zusammen und zwar in Folge einer Contractilität des Zellgewebes der Gelenke dieser Blätter. Aehnliches ist der Fall mit den Blüthen gewisser Pflanzen, wie Hemerocallis, Convolvulus-Arten etc., welche sich Abends schliessen und Morgens öffnen, während umgekehrt Cactus-Arten sich Nachts öffnen und bei Tag schliessen, was beweisen dürfte, dass nicht in allen Fällen diese Bewegung vom Lichtreiz abhängig ist.

Fünftes Kapitel.

Missbildungen, Krankheiten, Tod der Pflanzen.

§ 117. Die Pflanzen üben öfters einen nachtheiligen Einfluss auf einander, was die Entstehung von Missbildungen und Abnormitäten zur Folge hat, wie dies z. B. in Folge einer Belästigung durch Schmarotzer der Fall ist; ebenso können Beschädigungen ähnliche Wirkung nach sich ziehen und endlich die Pflanzen auch in Folge veränderter, ihnen nicht zusagender Lebensverhältnisse, wie durch Cultur- oder Acclimatisationsverhältnisse, in ihrer Ausbildung geschädigt werden. Wir finden so z. B. dass viele unserer Kulturpflanzen, welche gezwungen sind, unter anderen Umständen zu leben als ihre Stammeltern in der ursprünglichen Heimath, sich dadurch wesentlich verändert haben, wie viele unserer Gemüse, Obstarten etc., bei welchen die Kultur Abänderungen veranlasst hat, welche dem Züchter wünschenswerth erscheinen, während in anderen Fällen die eingetretenen Veränderungen weniger vortheilhaft sind, in Bezug auf Grösse durch Tendenz zu Verkümmerungen etc.

Dass veränderte Standorts- und Bodenverhältnisse einen wichtigen Einfluss auf die Producte der Pflanzen üben, ist bekannt; so liefert der im südlichen Frankreich fortkommende Mastixbaum (Pistacia Lentiscus L.) dort kein Harz, Kartoffeln werden in feuchtem, lehmigem Boden wässerig, fast ungeniessbar u. s. w.

Wir haben es hier hauptsächlich mit Formveränderungen zu thun und als eine der häufigsten die Verkümmerung einzelner Organe zu erwähnen; findet dieselbe an der Hauptachse statt, so wird sie als sogenannte Verzwergung bezeichnet und absichtlich in der Gärtnerei hervorgerufen; an Nebenachsen, wie Aesten und Zweigen, äussert sich die Verkümmerung meist durch Dornbildung, wie bei Grossularineen, Pomaceen etc.

Durch Steigerung der Ernährung kann dagegen eine abnorme Vergrösserung gewisser Organe theils mit, theils ohne Beihülfe erzielt werden; im ersteren Falle nimmt der Gärtner eine Anzahl von Zweigen, Blättern etc. hinweg, wodurch die Ernährung der noch vorhandenen Pflanzentheile natürlich gesteigert werden und eine Vergrösserung der ungewöhnlich stark ernährten Theile Platz greifen muss; ausserdem bringt oft schon das Vorkommen gewisser Pflanzen auf aussergewöhnlich fruchtbarem Boden solche Veränderungen hervor.

Eine gleichfalls vorzugsweise auf sehr üppigem Boden sich zeigende Veränderung gewisser Pflanzentheile, namentlich der Stengel, ist die sogenannte Verbänderung (Fasciatio), wobei der Stengel eine Neigung zeigt, sich zu verflachen und eine platte Gestalt anzunehmen, oder wo er in unregelmässiger Anordnung zahlreiche Aeste bildet, welche sich längs der Hauptachse anlegen und mit dieser verschmelzen; in diesem Falle zeigt sich aber zugleich in sofern eine Verkümmerung, als dann viele Knospen unentwickelt bleiben oder nur unvollständig sich entwickeln; in der Regel geht die Endknospe bei diesen Verbänderungen sehr bald ganz ein.

Von grösster Wichtigkeit für das Leben der Pflanze sind die Veränderungen in der Gestalt und Consistenz etc. der Blätter, welche sich auf die bereits p. 99 erwähnten Metamorphosen beziehen, wie auch auf die sogenannten Monstrositäten und die Pelorienbildung an Blüthen.

Bekanntlich hatte Goethe zuerst die Ansicht aufgestellt, dass die Organe höherer Pflanzen sich auf ein Grundorgan zurückführen liessen, nämlich auf ein Blatt oder Stengelorgan oder auf eine aus beiden zusammengesetzte Knospe. Namentlich gilt dies für die einzelnen Blüthentheile, welche nach dem Mittelpunkte der Blüthe hin als Fruchtblätter ihre höchste Entwicklungsstufe erreichen und von da abwärts als Staub-, Kron-, Kelch-, Deck- und Laubblatt benannt werden.

Die Umbildung von Blattorganen niederer in solche höherer Ordnung wird als vorwärtsschreitende Metamorphose bezeichnet; dieselbe kommt verhältnissmässig selten vor, indem sich mitunter Blumenblätter in Staubblätter verwandeln und dann erstere ganz fehlen oder auch indem Staubblätter zu

Fruchtblättern werden, wie z. B. bei gewissen Weiden, welche dadurch dann scheinbar monoecisch sind.

Umgekehrt nennt man diesen Umwandlungsprozess von Blattorganen höherer Blattorgane in solche niederer Ordnung eine rückschreitende Metamorphose (Anamorphosis), wie z. B. wie bei Rosen mitunter der Kelch in Deckblätter zurückgebildet, oder wie bei der Füllung der Blüthen (Anthoplerosis) Frucht- und Staubblätter in Perigon- oder Kronblätter umgewandelt werden, was in der Regel mit mehr oder weniger vollständiger Sterilität verbunden ist. Zuweilen findet eine solche rückschreitende Metamorphose nur unvollständig statt und man trifft z. B. bei der Seerose blumenblattartige, nur mit einem Antherenfach versehene Staubblätter. Eine andere Art von Füllung der Blüthen kommt bei den Compositen häufig in der Weise zu Stande, dass sich die röhrenförmigen Scheibenblüthen in oft anders gefärbte Zungenblüthen verwandeln, wie z. B. die offizinellen römischen Camillen, die Dahlien und Astern zeigen.

Geht die Rückbildung bei Füllung der Blüthen so weit, dass sämmtliche Blattorgane der Blüthe zu Laubblättern umgewandelt werden, wobei stets auch die Blüthenachse in Mitleidenschaft gezogen wird, so verlieren die Blumenblätter ihre Farbe und man nennt diese Umbildung, welche besonders in der Familie der Papilionaceen häufig ist, Vergrünung (Chloranthia, Virescentia); das Endresultat dieser Umwandlung ist die Entstehung einer Laubknospe statt der Blüthe. Dienen die an die Stelle der Blüthen getretenen Knospen der Vermehrung, so nennt man die Pflanzen „lebend gebärende" (Plantae viviparae), worüber man pag. 77 vergleichen wolle.

Es finden ferner noch Formenveränderungen durch Umbildung ganzer Pflanzentheile in folgender Weise statt:

Verlängert sich die Blüthenachse über die Blüthe hinaus, so dass die erstere aus der letzteren hervorzugehen scheint, so nennt man diesen Vorgang Durchwachsung (Diaphysis), was bei Rosen, bei Bromelia (Fig. 213) etc. vorkömmt.

Finden Missbildungen der Art an Blüthen statt, dass sowohl Stellungs- als Zahlenverhältnisse umgeändert sind und dass die normale Anordnung und Construction gänzlich aufgehoben erscheinen, so bezeichnet man dieselben als Blüthenauflösung (Antholysis), welche in der Regel mit einer mehr oder weniger vollständigen Vergrünung auftritt.

In den Blüthen kann ferner noch eine Verminderung der Theile einzelner Blattkreise durch Fehlschlagen oder sogenannten Abortus stattfinden auch können ganze Blattkreise durch Verkümmerung verändert werden, wie z. B. in den weiblichen Blüthen

vieler Laurineen unvollkommene Staubblätter und in den männlichen ein rudimentärer Fruchtknoten angetroffen werden.

Endlich sind hier noch die Verwachsungen von Blüthen zu erwähnen, die man als Synanthien bezeichnet und welche, je nachdem dieselben mehr oder weniger mit einander verschmolzen sind, zur Bildung monströser Fruchtbildungen Veranlassung geben, welche man als Syncarpien bezeichnet hat.

Ohne Zweifel mit der Metamorphose nahe verwandt ist die sogenannte Pelorien-Bildung (Peloria), womit man das Regelmässigwerden von Blüthen bezeichnet, welche sonst durchgängig unregelmässig oder seitlich symmetrisch gebildet sind, wie z. B. solche der Labiaten, Scrophularineen etc.; man findet diese Erscheinung häufig bei auf sehr üppigem Boden gewachsenen Leinkraut, Linaria officinalis L., dessen normal zweilippigrachenförmige Blüthe in einen Sporn endigt und deren Gipfelblüthe dann in sofern eine vollständige Pelorie zeigt, als die Blume einen regelmässigen Saum annimmt und in fünf gleichmässige Spornen ausläuft.

Schliesslich wäre hier noch die Verunstaltung der Blätter zu erwähnen, welche namentlich bei gewissen Kulturgewächsen, wie Kohlarten etc. in Folge übermässig gesteigerten Wachsthums auftritt, wobei das Parenchym zwischen den Blattrippen sich so üppig entwickelt, dass es sich blasig oder gekräuselt, besonders am Rande, erhebt.

Was die eigentlichen pathologischen Zustände betrifft, welchen die Pflanzen theils in Folge von Anomalien in der Zellenthätigkeit, Störungen des Lebensprozesses in verschiedener Art, durch Einwirkung von Thieren, namentlich Insecten, wie Bohrkäfer, Blattläuse, sowie endlich durch Schmarotzerpilze ausgesetzt sind, so können wir uns hier darüber nicht weiter auslassen, da es der uns gesteckte Raum nicht zulässt, und müssen wir in dieser Beziehung auf ausführlichere Werke verweisen.

Der Tod der Pflanze äussert sich durch das Aufhören sämmtlicher Lebensfunctionen, der Eintritt desselben ist aber je nach der betreffenden Pflanze ein sehr verschiedener. Viele sterben ab nach der Fruchtbildung, zu welcher sie ein oder zwei Jahre bedürfen; andere wiederholen den Fructificationsprozess öfter und erreichen zuweilen ein sehr hohes Alter, wie man z. B. unserer Eibe ein Alter von mehreren tausend Jahren zuschreibt, was sich bei verschiedenen, in England existirenden Individuen, durch Zählen der Jahresringe auf dem Querschnitt des Stammes, nachweisen lässt.

Charakteristik der wichtigsten Pflanzenfamilien und der medicinisch-wichtigen Pflanzen.

Allgemeiner Theil.

I. Abschnitt.

Erstes Kapitel.

Kurzer Abriss der Geschichte der Botanik und Systemkunde.

§ 118. Die Geschichte der Pflanzenkunde lehrt nicht allein, wie sich allmälig diese Wissenschaft aus ihren Uranfängen entwickelte und zu dem harmonischen Ganzen aufbaute, welches uns befähigt, eine Uebersicht des gewaltigen Materials zu erlangen, sondern sie hat uns auch die Namen Derjenigen aufbewahrt, welchen wir diese Vortheile verdanken.

In den ältesten Zeiten beschränkte sich die Pflanzenkunde nur auf die Kenntniss solcher Pflanzen, welche geeignet waren, den verschiedenen Bedürfnissen des Menschen, zu Nahrungs-, Heil- oder anderen Zwecken, zu Hülfe zu kommen. Neben den fast jedem Volke ursprünglich bekannten, anfänglich sehr beschränkten Nährpflanzen, hatte man bald eine Reihe von heilkräftigen und schädlichen Pflanzen, theils durch Zufall, theils durch Bedürfnisse getrieben entdeckt und neben den alten Wurzelgräbern oder Rhizotomen waren es die Priester, in deren Händen ursprünglich auch die Ausübung der Heilkunde lag, welche die in dieser Beziehung gesammelten Erfahrungen bewahrten und durch Tradition fortpflanzten. Die damalige Botanik beschäftigte sich also nur mit der Kenntniss solcher Pflanzen, von welchen irgend ein Nutzen gezogen werden konnte und der Erste, welcher sich mit der Pflanzenkunde um ihrer selbst willen befasst zu haben scheint, war der berühmte Aristoteles, einer der hervorragendsten Denker des Alterthums (384—324 v. Chr.), welcher den Angaben von Athenäus, Diogenes u. A. zufolge auch über Pflanzenkunde geschrieben zu haben scheint, was aus Andeutungen in seinen auf die Nach-

welt gekommenen übrigen Werken zu schliessen ist, obgleich die betreffenden Schriften verloren gegangen sind. Sein Schüler, der Peripatetiker Theophrastus von Eresus (372—286 v. Chr.). ist der Erste, von welchem uns Schriften über Botanik überliefert wurden, weshalb dieser auch als „Vater der Botanik“ bezeichnet wird. Seine Kenntnisse erstreckten sich jedoch nur über beiläufig 500 Arten, welche ganz willkürlich angeordnet sind.

Etwa 50 Jahre n. Chr., zu Zeiten des Kaisers Nero, lebte Pedacius Dioscorides aus Anazarba in Cilicien, welcher in seiner in fünf Büchern erschienenen „ὕλη ἰατρική“ die Beschreibung von 600 Arzneipflanzen gab und somit ein Werk lieferte, welches trotz der kurzen und mangelhaften Beschreibuug fast 15 Jahrhunderte hindurch die wichtigste Quelle botanischen Wissens bildete. Die Historia naturalis des Cajus Plinius Secundus (23—79 n. Chr.) ist eine Compilation, welche neben vielem Falschen und Erdichteten dennoch auch noch manches enthält, was ohne die Bemühung des Autors wohl nicht auf die Nachwelt gekommen wäre, wie z. B. die theils auf eigener Anschauung, theils auf Mittheilungen von Reisenden fussenden Angaben über Gewürze, Farbhölzer und andere Arzneipflanzen des Königs Juba von Mauretanien. Agathargides u. A.

Jahrhunderte verstrichen, ohne dass die Botanik irgend welche Fortschritte machte; die Schriften des Dioscorides, welche von Mönchen abgeschrieben und verbreitet wurden, fanden erst mit der Erfindung der Buchdruckerkunst, zugleich mit den Werken anderer älterer Schriftsteller, eine grössere Verbreitung, wodurch die Liebe zur Pflanzenkunde mehr und mehr rege gemacht wurde und noch durch die Entdeckung von Amerika und die Einführung bis dahin unbekannter Pflanzen weitere Nahrung fand.

§ 119. Die eigentliche Geschichte der Botanik als Wissenschaft beginnt erst gegen die Mitte des 16ten Jahrhunderts und man betrachtet als die erste Originalarbeit die „Herbarum vivae eicones“ des Otto Brunfels, eines ehemaligen Karthäusermönchs, späteren Arztes zu Bern. Das Werk, 1530 zu Strasburg erschienen, enthält genaue Beschreibungen einheimischer Pflanzen und bringt neben eigenen Arbeiten auch Abhandlungen von Hieronymus Bock (genannt Tragus 1498—1554), Leonhard Fuchs (1501—1565, Professor in Ingolstadt, Ansbach und Tübingen) und Anderen. Letzterer gab 1543 in Basel ein „New Kreuterbuch“ heraus, welches sehr genaue Abbildungen giebt.

Andere dieser Periode angehörige Botaniker sind:

Conrad Gessner (1516—1565), einer der bedeutendsten Gelehrten seiner Zeit, ein geborner Zürcher, welcher zuerst Andeutungen von Pflanzengattungen gab, die aus mehreren Arten

bestehen und von Klassen, welche mehrere Gattungen umfassen, gab; er versuchte auch die Pflanzen nach den Blüthen und Früchten zu ordnen; seine Werke erschienen aber erst 200 Jahre nach seinem Tode. Matthioli, Pietro Andrea, genannt Matthiolus (1500—1575), geboren zu Sienna, besorgte Commentarien zu Dioscorides; Carolus Clusius (de l' Ecluse), 1525—1609, wurde erst in hohem Alter Professor in Leyden, gab neben verschiedenen trefflichen Werken, z. B. Exoticorum libri X, eine Historia rariarum plantarum 1601 heraus, sowie Uebersetzungen der Werke von Garcias ab Horto, Monardes, da Costa, welche auf ihren Reisen in Amerika viele Erfahrungen gesammelt und veröffentlicht hatten.

Die erste bekannte Spezialflora lieferte Johann Thal in seinem Werke Sylva hercynica, 1654, Nordhausen, und in die letzten Jahrzehnte des 16ten Jahrhunderts fällt auch die erste Anlage botanischer Gärten.

Tabernaemontanus (Theodor von Bergzabern, † 1590), Arzt am Hofe des Pfalzgrafen von Heidelberg, lieferte ein Kräuterbuch, welches 2480 Abbildungen und die Beschreibung von etwa 5800 Pflanzenarten enthält. Eine spätere Ausgabe besorgte Kaspar Bauhin (1560—1624) Professor in Basel, welchem noch das grosse Verdienst zukömmt, dass er die verschiedenen, bei früheren Autoren gebrauchten Namen der bis dahin bekannt gewordenen Pflanzen in seinem *Πιναξ* Theatri botanici, Basil., 1623 zusammenstellte und dadurch einen Damm gegen die drohende Namenverwirrung aufrichtete. Man bemerkt bei ihm schon den Versuch einer Anordnung nach einer gewissen natürlichen Methode, obgleich die Vermuthung der Existenz natürlicher Pflanzenfamilien sich zuerst bei Dodonaeus (Rembert Dodoens, Professor in Leyden, 1517—1587) findet, welcher Abhandlungen über die Leguminosen, Gramineen etc. schrieb und nebstdem noch sein ziemlich bekanntes Cruydboek (Antwerpen 1563) und Stirpium historiae pemptates sex, (Antw. 1583) herausgab. Auch bei Lobelius (Mathias de l'Obel, aus Flandern, Botaniker am Hofe Jacob I. von England, 1583—1618) findet man eine natürliche Anordnung der Gewächse, indem er schon viele zu derselben Familie gehörige Pflanzen, namentlich Monocotyledonen, zu einer Gruppe vereinigt. Zu erwähnen sind hier noch als solche, welche sich um die Kenntniss der Pflanzen der neuen Welt verdient gemacht haben, Gonzalo Hernandez Oviedo de Valdez, welcher 1525 genaue Beschreibungen mexicanischer Gewächse veröffentlichte, Monardes, Amatus Lusitanus, Bernardo Cienfuegos etc.

§ 120. Der bedeutendste Botaniker dieser Periode war ohnstreitig Andrea Caesalpini von Arezzo (1519—1603) Professor in Padua, welcher von Linné mit Recht als der erste Systematiker bezeichnet wird. In seinem Werke „De plantis libri XVI.",

Florenz 1583, versuchte er in der That eine systematische Anordnung, welche sich auf einzelne Theile der Pflanzen gründete; er unterschied dabei primäre — Samen, Wurzel — und secundäre Theile — Blüthe, Frucht, und bestimmte darnach die Gattungen.

Nach ähnlichen Prinzipien verfuhren später Morison, Rivinus, Herrmann, nur war bei Caesalpini und Morison der Begriff „Gattung“ gleich „Klasse“, während er sich bei den beiden andern mehr dem von „Familie“ oder „Ordnung“ näherte. Ferner benutzte Morison zur Aufstellung seiner 18 Klassen die Fruchtform, Rivinus bei ebenso viel Klassen die Blüthe als Grundlage.

Zu dieser Zeit machte Rudolf Jacob Camerarius, Professor in Tübingen, auf das Vorhandensein von zweierlei Befruchtungsorganen aufmerksam, die er als männliche und weibliche deutete, und Marcello Malpighi (1628—1694), Professor zu Bologna, welcher mit Nehemia Grew, einem Engländer, als Begründer der Pflanzenanatomie zu betrachten ist, fand den Unterschied zwischen Mono- und Dicotylen, den er in seiner Anatome plantarum 1675 bekannt machte. Auf diese Entdeckung gründete John Ray 1696, mit verbesserter Umarbeitung 1703, ein System, worin zuerst die Idee einer natürlichen Klasse bestimmt und durchgeführt wird.

Eine neue Epoche gründete zu Anfang des 18ten Jahrhunderts Joseph Piton de Tournefort (1656—1708) durch Gründung eines Systems, welches bis zur Aufstellung des Linné'schen das herrschende blieb; es gründete sich auf das Vorhandensein oder Fehlen der Blumenkrone, wobei im ersteren Falle auf die Form derselben specielle Rücksicht genommen wurde. Er stellte 22 Klassen auf und als Vorzug seines Systems ist hervorzuheben, dass er den Gattungsbegriff richtiger als seine Vorgänger auffasste, dagegen aber Art und Varietät oft verwechselte und die alte Haupteintheilung in Bäume und Kräuter festhielt.

Von anderen Begründern systematischer Eintheilungen jener Zeit nennen wir noch Pierre Magnol, Professor von Montpellier, welcher den ersten Versuch machte, die Pflanzen nach natürlichen Familien zu gruppiren und 76 Familien auf Grundlage der Entwicklung der Blüthe und Frucht aufstellte.

In diese Periode fallen noch die Botaniker Rheede, Kämpfer, Rumph, Plumier, Sloane etc., welche die in fremden Welttheilen gesammelten Pflanzen durch theilweise höchst werthvolle Kupferwerke bekannt machten und viel zur Erweiterung der Pflanzenkenntniss beitrugen.

Da trat im Beginn des zweiten Drittels des 18ten Jahrhunderts der unsterbliche Linné auf, dem es beschieden war, das angewachsene reiche Material dadurch zu sichten, dass er nicht allein bestimmte Grundsätze für die Benennung und Beschrei-

bung der Pflanzen feststellte, welche als die klarsten und präcisesten allgemein adoptirt wurden, sondern auch ein System gründete, welches noch heute einige Geltung besitzt oder theilweise neben den neueren Systemen beibehalten wurde.

§ 121. Es ist dies das sogenannte künstliche oder Linné'sche System, dessen Gliederung wir weiter unten genauer betrachten werden, weshalb wir hier nur bemerken, dass sich dasselbe auf die Befruchtungsorgane gründet, deren Bau und Funktion er zuerst in ihrer wirklichen Geltung auffasste. Dasselbe wurde deshalb als ein künstliches System bezeichnet, weil es nicht die Charactere der Pflanzen in ihrem Zusammenhalt würdigte, sondern nur einzelne Merkmale für sein Eintheilungsprincip verwerthete. Linné selbst hatte sein System durchaus nicht als ein vollkommenes angesehen, sondern stets die Aufstellung eines natürlichen Systems als dasjenige Ziel bezeichnet, nach welchem die systematische Botanik zu streben hätte; er führte zu diesem Zwecke auch in seiner Philosophia botanica 1751 bereits 68 Familien an, welche zum Theil heute noch Geltung haben.

Nach verschiedenen einleitenden Bestrebungen zur Gründung eines natürlichen Systems, an welchen sich schon Adanson 1763 in seiner Familles des Plantes, Par. 1763, betheiligte, ferner G. Chr. Oeder in Kopenhagen und Andere, gelang es Bernhard de Jussieu (1699—1777), dem Director des königlichen Lustgartens zu Trianon, ein solches aufzustellen, welches aber erst durch seinen Neffen Antoine Laurent de Jussieu anfänglich in den Memoires de l'Academie de Paris 1774 und später weiter vervollkommnet in dem klassischen Werke Genera Plantarum secundum ordines naturales disposita, Par. 1789 veröffentlicht wurde.

Die wichtigste Grundlage des Jussieu'schen Systems bildet das Vorhandensein oder der Mangel des Keimlings, sowie in ersterem Falle dessen Bau; dieses System bildet die Basis aller späteren, von welchen wir besonders dasjenige von Auguste Pyrame De Candolle, einem gebornen Genfer hervorheben wollen, dem besonders die Vorzüge zur Seite stehen, dass er, Jussieu entgegen gesetzt, mit den höher organisirten Pflanzen beginnend zu den nieder organisirten herabsteigt und besondere Aufmerksamkeit auf die innere Organisation der Pflanzen und die physiologischen Verhältnisse richtet, wodurch zugleich der innige Zusammenhang der Stoffbildung der Pflanzen mit der Verwandtschaft derselben ins rechte Licht gesetzt wird. Andere Systeme gründeten Batsch, Oken, Reichenbach, Bartling, Lindley, Endlicher etc., aber nur die beiden letzteren haben grösseren Anklang gefunden, wie das von Lindley in England, das des letzteren, welches wir gleichfalls unten ausführlicher betrachten werden, namentlich in Deutschland.

Die Bestrebungen zur Gründung eines vollendeten Pflanzensystems dauern immer noch fort und wird namentlich durch Aufstellung von Floren, welche die Kenntniss der Pflanzen weniger erforschter Gegenden erweitern, eifrig Material zum Ausbau eines solchen gesammelt. Doch ist die Thätigkeit auf dem physiologischen Gebiete der Pflanzenkunde eine noch grössere und sind an den einschlägigen Forschungen die bedeutendsten Botaniker der Jetztzeit betheiligt.

§ 122. Wie wir bereits oben sagten, sind Malpighi und Grew als die Gründer der Pflanzenanatomie zu betrachten, doch geschah lange Zeit wenig, bis die Fortschritte in der Herstellung von optischen Apparaten zu erfolgreicherer Thätigkeit anspornte und man kann wohl den Beginn der neuesten Epoche der Entwicklung der Botanik von der Zeit an datiren, als Amici seine Entdeckung des Befruchtungsvorgangs und des dabei thätigen Pollenschlauchs bekannt machte. Nachdem schon 1815 Treviranus die Aufmerksamkeit der Botaniker auf die Art und Weise der Entwicklung des Embryos gelenkt hatte, veröffentlichte Amici in den Annales des sciences natur. I. Ser. II. 65 seine Entdeckung des Pollenschlauchs, welche dann, von Brogniart, Robert Brown u. A. weiter verfolgt, die Basis der gegenwärtigen Anschauung der Pflanzenphysiologen über die Befruchtung der weiblichen Pflanzen bildet. Die Bildung der Keimbläschen im Ei der Phanerogamen und die Entwicklung des Embryos in denselben beobachteten namentlich Mirbel, Spach, Meyer, Amici, Mohl, Schleiden, Hofmeister, Schacht und viele andere Forscher; den Befruchtungsvorgang bei den Coniferen speciell studirten namentlich Hofmeister, Suminski, Tulasne etc.; die Entwicklung der Cryptogamen lehrten Thuret, Decaisne, Tulasne, De Bary, Sachs, Dippel, Nägeli, Pringsheim und viele Andere.

Auch in anderen Theilen der Wissenschaft werden noch immer Fortschritte gemacht, wie im Gebiete der Pflanzengeographie, welche von A. von Humboldt gegründet, in De Candolle, Meyen, Hooker, Martins etc., weitere Förderer fand; dann in der Pflanzenpaläontologie, in welcher sich Brogniart, Unger, Göppert etc. grosse Verdienste erworben haben.

Zweites Kapitel.

Prinzipien der Systematik und Systemkunde.

§ 123. Bei der grossen Anzahl der bis jetzt bekannten Pflanzen ergiebt sich von selbst als nothwendiges Bedürfniss für die Ueber-

sichtlichkeit, richtige Erkenntniss und Unterscheidung der verschiedenen Pflanzenarten und Gattungen eine wissenschaftlich begründete Anordnung der Glieder des Pflanzenreichs in mehr oder weniger scharf begrenzte Abtheilungen, welche man als Pflanzensystem bezeichnet.

Für die Begründung eines solchen Systems schlug man zwei Wege ein, deren Resultate sehr von einander abweichen.

Bilden willkürlich ausgewählte Kennzeichen eines oder zweier Organe die Grundlage für die Aufstellung der Klassen und Ordnungen, so bezeichnet man ein solches System als ein künstliches, Systema artificiale, und das vollendetste dieser Art, welches überhaupt geschaffen wurde, ist das Linné'sche.

Bildet man jedoch unter Berücksichtigung der Verwandtschaft und Aehnlichkeit der Pflanzen nach sämmtlichen wichtigeren Organen grössere Gruppen, Familien, welche man wieder gegliederten höheren Abtheilungen einfügt, so bezeichnet man ein solches System als ein natürliches, Systema naturale, als dessen Begründer wir bereits oben Jussieu bezeichneten.

Die Basis eines jeden Systems bildet die Unterscheidung der Pflanzen als Einzelwesen, Individuum und die Vereinigung dieser zu Gattungen, Genera, und Arten, Species. Unter Art, Species, versteht man die Gesammtheit aller derjenigen Pflanzen, welche aus einem gemeinsamen Ursprung hervorgegangen, in allen ihren wesentlichen Merkmalen so übereinstimmen, wie diejenigen, welche von derselben Pflanze abstammen, und deren Samen, Sporen oder Knospen wieder gleiche Pflanzenindividuen hervorbringen, wenn sie unter gleichen Verhältnissen sich entwickeln, oder wenigstens solche Individuen, welche der Mutterpflanze ähnlicher sind, als andere Pflanzenindividuen.

In Folge einer Einwirkung gewisser äusserer Umstände können bei einzelnen Individuen einer Species Abweichungen in der Grösse, Farbe etc. Platz greifen, ohne dass dadurch der Begriff der Art alterirt würde, indem das in diesem Falle von der Mutterpflanze abweichende Individuum, welches als Varietät (Varietas), bezeichnet wird, stets die Tendenz zeigt, nach Beseitigung der einwirkenden Umstände zur ursprünglichen Form zurück zu kehren. Werden jedoch absichtlich durch Kultur solche Varietäten erhalten, wie es z. B. bei vielen unserer Kulturpflanzen der Fall ist, so resultiren die sogenannten permanenten Varietäten oder Rassen, bei welchen jedoch das Zurückkehren zur Urform nicht ausgeschlossen ist, wenn sie sich selbst überlassen bleiben.

§ 124. Man hat bis vor kurzer Zeit die Art, Species, als eine constante Naturschöpfung betrachtet, welche zwar unter gewissen Verhältnissen von der Mutterpflanze äusserlich abweichende Varietäten hervorbringt, welche aber in keinem Falle sich

soweit vom Urtypus entfernt, dass sie den Character einer anderen Species annehmen würde.

Neuerdings aber macht sich mehr und mehr die Anschauung geltend, dass die Arten nur Vereinigungen gleicher, augenblicklich existirender Formen, keine bestimmte Typen, und somit einer Veränderlichkeit unterworfen seien. Dies geht auch aus der von Darwin aufgestellten Theorie hervor, welche wir in Folgendem in einer kurzen Skizze mittheilen und zugleich bemerken, dass dieselbe, wie alle ähnlichen Theorien, eben so viele Anhänger, als Gegner gefunden hat, dass aber unter den ersteren viele sind, welche noch über die Darwin'schen Aufstellungen hinausgehen.

Charles Darwin, geboren 1808, war schon 1832 Mitglied einer wissenschaftlichen Expedition, welche die südlichste Spitze von Amerika und einige Inseln der Südsee einer genaueren Erforschung unterzog, welche fünf Jahre währte und mit dem Schiffe „Beagle" ausgeführt wurde.

Auf dieser Reise war es, wo Darwin zuerst die Idee der Veränderlichkeit der Art fasste, und seit dieser Zeit durch ausgedehntes Studium der Hausthiere und Kulturgewächse zahlreiche Anhaltspunkte fand, die ihm gestatteten, seine Vermuthungen als berechtigte aufzustellen. Es ergab sich, dass bedeutende Abänderungen in grossem Umfang möglich sind und dass der Mensch im Stande ist, geringe Abänderungen durch Züchtung, nämlich durch Auswahl geeigneter Individuen für die Nachzucht, zu erhalten und zu vermehren (Zuchtwahl).

Es handelt sich nun bei diesen Abänderungen darum, ob dieselben dem betreffenden Wesen von Nutzen oder schädlich sind; in letzterem Falle führen sie den Untergang desselben herbei, während nützliche Abänderungen die Erhaltung und Vermehrung wesentlich fördern müssen.

Die Nothwendigkeit erklärt Darwin aus dem Kampf ums Dasein, welcher als Consequenz der grossen Vermehrung aller organischen Wesen zwischen diesen stattfindet. Es werden von jeder Art viel mehr Individuen geboren, als bestehen können, weshalb ein beständiges Ringen um das Dasein hervorgerufen wird. Aus diesem Kampfe können aber nur jene Wesen siegreich hervorgehen, welche in einer vortheilhaften Weise von denen ihres Gleichen abweichen. Bei den Kulturwesen werden nun derartige Abänderungen durch die Zuchtwahl des Menschen begünstigt; das siegreiche Hervorgehen aus dem Kampf um das Dasein und die sich darauf gründenden Resultate nennt Darwin die natürliche Züchtung.

Durch diese wird das allmälige Aussterben weniger bevorzugter Wesen derselben Art herbeigeführt; es verschwinden somit Formen, welche Zwischenglieder verschiedener Arten bildeten, und es tritt auf diese Weise später eine Trennung früher vereinigter Arten ein, indem die Merkmale zunächststehender Arten weiter auseinander gerückt werden; diesen Vorgang nennt Darwin die Divergenz des Charakters.

Welche Gesetze für die genannten Abänderungen in der Natur Geltung haben, darüber ist wenig bekannt, und es scheint dabei hauptsächlich auf die gegenseitige Einwirkung der sich entwickelnden und umgestaltenden Organe aufeinander anzukommen; diese Einflüsse oder Wirkungen bezeichnet Darwin als die Wechselbeziehungen des Wachsthums.

Da aber über diese letzteren bis jetzt bei den uns umgebenden Naturwesen gleichfalls nur sehr wenig bekannt ist, so versteht sich von selbst, dass

Vieles in Beziehung zu der Entstehung der Arten und Varietäten unerklärt bleiben muss. Trotzdem glaubt Darwin, die Ueberzeugung, zu welcher er durch eine Reihe von Untersuchungen und Beobachtungen gekommen ist, und welche viele bedeutende Forscher theilen, aussprechen zu können, dass die Annahme, jede Spezies sei unabhängig von den übrigen erschaffen worden, eine irrthümliche und dass das hauptsächlichste, wenn nicht das einzige Mittel zur Abänderung der Lebensformen die natürliche Züchtung gewesen sei.

Bezüglich des Ausführlicheren muss hier auf die einschlägigen Schriften verwiesen werden, doch war es nicht möglich, die Darwin'schen Anschauungen unberücksichtigt zu lassen.

§. 125. Eine Vereinigung von Spezies, welche in ihren wesentlichen Organen, namentlich jenen der Fructification, mehr mit einander übereinstimmen, als mit anderen Spezies, und hauptsächlich nur durch ihre vegetativen Organe sich unterscheiden, bildet eine Gattung, Genus, welche jedoch auch nur aus einer einzelnen Spezies bestehen kann, wenn letztere in den genannten Organen mit keiner anderen Spezies übereinstimmt.

Sind Gattungen sehr reich an Arten, so kann man wieder diejenigen der letzteren, welche unter sich mehr Uebereinstimmung zeigen, als anderen Arten gegenüber, zu Untergattungen, Subgenus, oder Rotten, Sectio, vereinigen.

Gattungen, welche in den wichtigeren Verhältnissen der Fructification und des Blüthenbaus übereinstimmen, wie sie auch schon durch ihre äussere Erscheinung oder Tracht (Habitus) ihre gegenseitige Verwandtschaft erkennen lassen, wie z. B. Gräser, Lippenblüthler, Doldengewächse, werden zu natürlichen Familien oder Ordnungen, Familia s. Ordo, vereinigt. Auch diese können wieder zur bequemeren Uebersicht in Unterordnungen, Subordo, Gruppen, Tribus, oder Untergruppen, Subtribus, vertheilt werden.

Nach der Uebereinstimmung in den wichtigsten Punkten der Organisation vereinigt man die Familien wieder in grösseren Abtheilungen, Klassen (Classes), welche selbst wieder zu Cohorten, Regionen zusammengestellt werden können, was ganz im Ermessen des Einzelnen steht, da die Begriffe der höheren Gruppen lediglich als abstracte zu betrachten sind, und nur der Begriff der Art als ein positiver, sinnlich wahrnehmbarer angenommen werden kann.

Als Beispiel für die wichtigste Gliederung des Pflanzenreichs geben wir das folgende:

1. Classis . . . . . Beispiel: Dicotylae
   Subclassis . . . . „ Calyciflorae

II.	Ordo s. Familia . .	Beispiel:	Leguminosae
	Subordo	„	Papilionaceae
	Tribus	„	Loteae
	Subtribus	„	Trifolieae
III.	Genus	„	Trifolium
	Subgenus s. Sectio	„	Lagopus
IV.	Species	„	Trifolium L.
	Varietas	„	Trifol. alpestre, β) bicolor Reichenb. flore albo, carina rosea.

Die Summe der Merkmale, wodurch eine Klasse, Familie, Gattung, Art sich von anderen unterscheidet, bezeichnet man als Charakter und zwar als wesentlicher, Character essentialis, wenn man nur die zur Unterscheidung nothwendigen Merkmale hervorhebt.

Beginnt man wie gewöhnlich die Beschreibung einer Pflanze von der Wurzel und geht dann vom Stamm, den Zweigen, Blättern etc. allmälig bis zum Samen und Embryo herauf, so erhält man den allgemeinen Charakter, Ch. universalis, welcher jedoch nicht zum Zwecke der Classification in Betracht kommt, sondern nur wo es sich um eine detaillirte Beschreibung einer Pflanze handelt.

In Bezug auf die Benennung der Pflanzen (Nomenclatur der Pflanzen) bemerken wir hier noch, dass seit Linné's Zeiten jede Pflanze zwei Namen trägt, von welchen der erste, der Gattungsname, der andere der Artname ist; so ist z. B. bei Pinus silvestris das erstere Wort das nomen genericum, silvestris das n. specificum. Ebenso bei Pinus maritima; da es aber verschiedene mit dieser letzteren Benennung belegte Pinus-Arten giebt, so muss stets der Name des betreffenden Autors beigefügt werden, damit man sicher weiss, um welche P. maritima es sich handelt; so ist z. B. P. maritima Aiton gleichbedeutend mit P. Laricio caramanica Loud., dagegen P. maritima Knight identisch mit P. Pinaster Solander etc. Der Begriff der Gattung und Art ist nämlich ein willkürlich begrenzter, von der Anschauung des einzelnen Forschers abhängiger, so dass es sich leicht erklärt, dass oft unter einer Benennung mehrere Pflanzen verstanden werden, in welchem Falle nur die Beifügung des Autornamens, wie eben gezeigt, Aufschluss giebt.

Als Ergänzung für die wissenschaftliche Benennung der Pflanzen dient ferner noch die Synonymie, welche die verschiedenen, sowohl generischen, als spezifischen Namen angiebt, welche eine Pflanze bei verschiedenen Autoren führt, indem (oft sehr unnöthig) aus einer Gattung zwei oder drei neue Gattungen gemacht wurden, häufig nur, um den Namen des betreffenden Autors dahinter anbringen zu können; so ist z. B. Triticum repens L. und Agropyrum repens Beauv. eine und dieselbe Pflanze,

Aspidium Filix mas Swartz und Polystichum Filix mas Rth. ebenso etc.

Wir gehen nun über zur Betrachtung der wichtigsten Pflanzensysteme, indem wir zuerst mit dem künstlichen System von Linné, als dem vollendetsten, welches allein noch Geltung geniesst, beginnen; dasselbe hat namentlich für Anfänger viele Vorzüge, weshalb es auch in den meisten Handbüchern Berücksichtigung findet. Sehr richtig vergleicht Thomé das künstliche System mit einem Wörterbuch, wo das gesammte Material nach dem einen Princip alphabetischer Anordnung geordnet ist, während im künstlichen System gleichfalls die ganze Reihe von Gattungen auf einem Princip basirt, welches auf analytischem Weg durch fortgesetzte Zergliederung des Ganzen zur Auffindung der einzelnen Pflanze im System führen muss. Dagegen erinnern die natürlichen Systeme mehr an eine Grammatik, in welcher in synthetischer Weise verfahren wird, indem man, vom Individuum an aufwärts schreitend, das zunächst verwandte vereinigt und so durch Zusammenstellung verwandter Gruppen eine Uebersicht über das gesammte Material erhält.

Sexualsystem nach Linné.

§. 126. Nach diesem werden sämmtliche Pflanzen in zwei Abtheilungen getheilt: Pflanzen mit sichtbaren Blüthen, Phanerogamia, und Pflanzen mit verborgenen Blüthen, Cryptogamia; die erste Abtheilung zerfällt in 23 Klassen, während die zweite nur eine Klasse, die 24. umfasst; die weitere Gliederung dieses Systems ergiebt die folgende Uebersicht.

A. **Phanerogamae** — Offenblüthige.

I. **Zwitterblüthige — Hermaphroditae** s. **Monoclinae.**

1) Staubfäden frei.

a) Staubfäden von gleicher Länge.

α) Mit Rücksicht auf die Zahl der Staubgefässe, aber ohne solche auf die Insertion.

1. Klasse Monandria (Einmännige); 1 Staubgefäss in einer Zwitterblüthe; z. B. die Canna unserer Gärten, überhaupt die Familie der Scitamineen.
2. „ Diandria (Zweimännige); 2 Staubgefässe in einer Zwitterblüthe; z. B. bei Salvia, Veronica etc.

3. Klasse **Triandria** (Dreimännige); 3 Staubgefässe in einer Zwitterblüthe; z. B. die meisten **Gramineen**, **Iris**, **Valeriana**.
4. „ **Tetrandria** (Viermännige); 4 Staubgefässe in einer Zwitterblüthe; z. B. **Galium**, **Rubia** etc.
5. „ **Pentandria** (Fünfmännige); 5 Staubgefässe in einer Zwitterblüthe; z. B. **Solaneen**, viele **Umbelliferen**, **Campanula**, **Primula** etc.
6. „ **Hexandria** (Sechsmännige); 6 Staubgefässe in einer Zwitterblüthe; z. B. die meisten **Liliaceen**.
7. „ **Heptandria** (Siebenmännige); 7 Staubgefässe in einer Zwitterblüthe; z. B. **Aesculus**.
8. „ **Octandria** (Achtmännige); 8 Staubgefässe in einer Zwitterblüthe; z. B. **Paris**, **Erica** etc.
9. „ **Enneandria** (Neunmännige); 9 Staubgefässe in einer Zwitterblüthe; z. B. die **Polygoneen** zum Theil, wie **Rheum** etc.
10. „ **Dekandria** (Zehnmännige); 10 Staubgefässe in einer Zwitterblüthe; z. B. **Sedum**, **Dianthus** etc.
11. „ **Dodekandria** (Zwölfmännige) 12—19 Staubgefässe in einer Zwitterblüthe; z. B. **Reseda**, **Asarum** etc.

β) **Mit Rücksicht auf Zahl und Insertion der Staubgefässe.**

12. „ **Ikosandria** (Zwanzigmännige); 20 oder mehr auf dem **Kelch** stehende (perigynische) Staubgefässe; z. B. **Rosaceae** etc.
13. „ **Polyandria** (Vielmännige); 20 und mehr auf dem **Receptaculum** stehende (hypogynische) Staubgefässe; z. B. die **Ranunculaceae**, **Papaveraceae** etc.

b) Staubfäden von verschiedener Länge.

14. „ **Didynamia** (Zweimächtige); mit 2 langen und 2 kurzen Staubgefässen; z. B. die meisten **Labiaten**, **Scrophularineen** etc.
15. „ **Tedradynamia** (Viermächtige); mit 4 langen und 2 kurzen Staubgefässen; z. B. die **Cruciferen** etc.

2. **Staubgefässe mit einander verwachsen.**

a) **Mit den Filamenten verwachsen.**

16. „ **Monadelphia** (Einbrüderige); Filamente zu **einem** Bündel verwachsen; z. B. **Malvaceen** etc.
17. „ **Diadelphia** (Zweibrüderige); Filamente zu **zwei** Bündel verwachsen; z. B. die meisten **Papilionaceae**.

18. Klasse Polyadelphia (Vielbrüderige); Filamente zu drei oder mehr Bündeln verwachsen: Hypericum, Ricinus etc.

b) Antheren verwachsen.

19. „ Syngenesia (Vereintblüthige); Antheren röhrig verwachsen; Blüthenstand ein Köpfchen: Compositae.

c) Staubgefässe mit dem Pistill verwachsen.

20. „ Gynandria (Weibermännige); eine oder mehrere Antheren dem Stempel angewachsen: Aristolochia, die Orchideen etc.

II. Männliche und weibliche Organe in verschiedenen Blüthen. — Diclinae.

21. „ Monoecia (Einhäusige); männliche und weibliche Blüthen auf demselben Individuum; z. B. Euphorbia, Quercus etc.
22. „ Dioecia (Zweihäusige); beide Arten von Blüthen auf verschiedenen Individuen derselben Spezies; z. B. Salix, Cannabis etc.
23. „ Polygamia (Vielehige); männliche, weibliche und Zwitterblüthen auf einem oder auf mehreren Individuen, z. B. mehrere Palmen etc.

B. Cryptogamae — Verborgenblüthige.

24. „ Cryptogamia (Verborgenblüthige); die Farrne, Algen, Pilze etc.

Diese Klassen zerfallen wieder in Ordnungen, bei deren Aufstellung verschiedene Principien zu Grunde gelegt wurden, wie z. B.:

Klasse I—XIII (nach der Anzahl der Griffel).

1. Ordnung: Monogynia, Einweibige; mit einem Griffel in jeder Blüthe: Primula etc.
2. „ Digynia, Zweiweibige; mit zwei Griffel in jeder Blüthe: Dianthus, viele Gräser.
3. „ Trigynia, Dreiweibige; mit drei Griffel in jeder Blüthe: Rumex etc.
4. „ Tetragynia, Vierweibige; mit vier Griffel in jeder Blüthe: Paris etc.

5. Ordnung: Pentagynia, Fünfweibige; mit fünf Griffel in jeder Blüthe: Linum etc.
6. „ Hexagynia, Sechsweibige; mit sechs Griffel in jeder Blüthe: Butomus etc.
7. „ Heptagynia, Siebenweibige; mit sieben Griffel in jeder Blüthe.
8. „ Oktagynia, Achtweibige; mit acht Griffel in jeder Blüthe.
9. „ Enneagynia, Neunweibige; mit neun Griffel in jeder Blüthe.
10. „ Dekagynia, Zehnweibige; mit zehn Griffel in jeder Blüthe: Phytolacca.
11. „ Dodekagynia, Zwölfweibige; mit elf bis zwölf Griffel in jeder Blüthe: Sempervivum.
12. „ Polygynia, Vielweibige; mit mehr als zwölf Griffel in jeder Blüthe: Ranunculus.

Klasse XIV zerfällt in zwei Ordnungen, welche einer irrigen Auffassung Linné's, der die Früchtchen der Labiaten für nackte Samen hielt, ihre Benennung verdanken; er nannte sie nämlich aus dem bezeichneten Grunde:
1. Ordnung: Gymnospermia, Nacktsamige: Frucht aus vier einsamigen Carpellen bestehend: Labiatae.
2. „ Angiospermia, Bedecktsamige: Frucht eine vielsamige, häufig zweiklappige Kapsel: Scrophularineae.

Klasse XV zerfällt gleichfalls nach der Form der Frucht in zwei Ordnungen:
1. Ordnung: Siliculosa*): Schötchenfrüchtige, z. B. Capsella, Isatis etc.
2. „ Siliquosa: Schotenfrüchtige, z. B. Brassica, Sinapis etc.

Klasse XVI, XVII, XVIII zerfällt in acht Ordnungen nach der Anzahl der Staubgefässe:

1. Ordnung:	Triandria	mit 2 Staubgefässen:		Tamarindus etc.
2. „	Pentandria	„ 5	„	Passiflora etc.
3. „	Hexandria	„ 6	„	Fumaria.
4. „	Heptandria	„ 7	„	Pelargonium.
5. „	Oktandria	„ 8	„	Polygala.
6. „	Dekandria	„ 10	„	Viele Papilionaceae.
7. „	Dodekandria	„ 12—19	„	Citrus etc.
8. „	Polyandria	„ 20 u. m.	„	Malvaceae, Hypericum etc.

*) Unterschied zwischen Siliqua und Silicula siehe pag. 151.

Klasse XIX zerfällt in fünf Ordnungen, nachdem man die von Linné aufgestellte sechste, Monogamia, der V. Klasse zugetheilt; es gehörten zu letzteren Viola, Lobelia etc. wegen ihrer verklebten Staubgefässe. Die Eintheilung der Syngenesia ist folgende:

1. Ordnung: Polygamia aequalis. — Alle Blüthen zwitterig: Cichorium, Lactuca etc., also die Cichoraceen.
2. „ Polygamia superflua. — Scheibenblüthen zwitterig; Strahl weiblich: Matricaria etc.
3. „ Polyg. frustranea — Scheibenblüthen zwitterig; Strahl geschlechtlos: Centaurea.
4. „ P. necessaria — Scheibenblüthen männlich oder unfruchtbare Zwitter; Strahl weiblich: Calendula.
5. „ P. segregata. — Jedes Blüthchen mit eigener Hülle: Echinops etc.

Klassen XX, XXI, XXII und XXIII; hier sind die Ordnungen nach der Zahl und Stellung der Staubgefässe gebildet, wie bei den 13 ersten Klassen, sowie nach deren Verwachsung, wie bei den Klassen XVI—XIX, und gelten auch dieselben Bezeichnungen, wie bei jenen.

Klasse XXIV zerfällt nach der natürlichen Verwandtschaft in vier Ordnungen: Filices (Farrne), Musci (Moose), Algae (Algen), Fungi (Pilze).

Die Vorzüge dieses Systems liegen in der grossen Einfachheit und in der consequenten Durchführung des Eintheilungsprincips, so dass es namentlich weniger Geübten leicht wird, sich zurecht zu finden, wenn es sich darum handelt, eine Pflanze im System unterzubringen. Die wesentlichsten Anstände, auf welche man bei Anwendung des Linné'schen Systems stösst, sind:

Die Veränderlichkeit der Zahl gewisser Blüthentheile, so dass man genöthigt wird, gewisse Pflanzen in zwei verschiedene Klassen einzureihen, wie z. B. Ruta graveolens, deren Blüthe vier- und fünfzählig vorkommt, im ersten Falle mit acht, im andern mit zehn Staubgefässen.

Ferner werden bei strenger Einhaltung des Systems oft Spezies einer Gattung und verwandte Gattungen getrennt; so müsste man z. B. Festuca uniglumis Sm. zur ersten Klasse mit einem Staubgefässe, die übrigen Festuca-Species zur dritten Klasse bringen; so müsste man Ononis, Genista und andere Papilionaceen zur Monadelphia einreihen, die Gruppe der Sophoreen mit freien Staubgefässen zur zehnten Klasse, während alle

übrigen Papilionaceen, welche schon durch die eigenthümliche Blüthen- und Fruchtform ihre Zusammengehörigkeit nicht verkennen lassen, zur Diadelphia gehören. Gewisse Genera enthalten zwitterige und diöcische Species, wie Valeriana, Lychnis etc. Dennoch erweist sich im Uebrigen das Linné'sche System, wie bereits erwähnt, immerhin als das vollkommenste aller künstlichen Systeme.

Natürliche Systeme.

§. 127. Wie wir bereits oben gehört haben, geht die natürliche Methode der Klassification vom Besonderen zum Allgemeinen, indem sie, den Art- und Gattungsbegriff zu Grunde legend, synthetisch verfährt, und die Gattungen nach ihrer Aehnlichkeit zu Gruppen vereinigt, welche man als Familien bezeichnet; letztere werden dann selbst wieder zur Erleichterung der Uebersicht zu Klassen und Abtheilungen vereinigt.

Betrachten wir nun zuerst das Jussieu'sche System, so finden wir, dass in demselben nach der Gesammtheit der wesentlichsten Merkmale hundert Familien aufgestellt wurden, aus welchen Jussieu dann wieder nach der Stellung der Staubgefässe, ob ober-, um- oder unterständig, 15 Klassen bildete. Da dabei noch in der 10. und 11. Klasse das Frei- oder Verwachsensein der Staubgefässe, bei der 15. Klasse das Vorhandensein getrennter Geschlechter in der Blüthe in Betracht gezogen wird, so ergiebt sich, dass dieses älteste natürliche System eigentlich kein rein natürliches, sondern die Combination eines solchen mit einem künstlichen ist.

a) Das Jussieu'sche System.

A. Acotyledones.

Klasse I. Acotyledones.

Ordnung.	Ordnung.
1. Fungi	4. Musci
2. Algae	5. Filices
3. Hepaticae	6. Najades.

B. Monocotyledones.

Klasse II. Monohypogynie.

7. Aroideae	9. Cyperoideae
8. Typhae	10. Gramina.

Klasse III. Monoperigynie.

Ordnung.
11. Palmae
12. Asparagi
13. Junci
14. Lilia

Ordnung.
15. Bromeliae
16. Asphodeli
17. Narcissi
18. Irides.

Klasse IV. Monoepigynie.

19. Musae
20. Cannae
21. Orchides
22. Hydrocharides.

C. Dicotyledones apetalae.

Klasse V. Epistaminie.

23. Aristolochia.

Klasse VI. Peristaminie.

24. Elaeagni
25. Thymeleae
26. Proteae
27. Lauri
28. Polygoneae
29. Atriplices.

Klasse VII. Hypostaminie.

30. Amaranthi
31. Plantagines
32. Nyctagines
33. Plumbagines.

D. Dicotyledones monopetalae.

Klasse VIII. Hypocorollie.

34. Lysimachiae
35. Pediculares
36. Acanthi
37. Jasmineae
38. Vitices
39. Labiatae
40. Scrophularinae
41. Solaneae
42. Boragineae
43. Convolvuli
44. Polemonia
45. Bignoniae
46. Gentianae
47. Apocyneae
48. Sapotae.

Klasse IX. Pericorollie.

49. Guajacanae
50. Rhododendra
51. Ericae
52. Campanulaceae.

Klasse X. Synantherie.

Ordnung.
53. Cichoraceae
54. Cynarocephalae

Ordnung.
55. Corymbiferae.

Klasse XI. Chorisantherie.

56. Dipsaceae
57. Rubiaceae
58. Caprifolia.

E. Dicotyledones polypetalae.

Klasse XII. Epipetalie.

59. Araliae
60. Umbelliferae.

Klasse XIII. Hypopetalie.

61. Ranunculaceae
62. Papaveraceae
63. Cruciferae
64. Capparides
65. Sapindi
66. Acera
67. Malpighiae
68. Hyperica
69. Guttiferae
70. Aurantiae
71. Meliae
72. Vites
73. Geraniae
74. Malvaceae
75. Magnoliae
76. Anonae
77. Menisperma
78. Berberides
79. Tiliaceae
80. Cisti
81. Rutaceae
82. Caryophylleae.

Klasse XIV. Peripetalie.

83. Sempervivae
84. Saxifragae
85. Cacti
86. Portulaceae
87. Ficoideae
88. Onagrae
89. Myrti
90. Melastomae
91. Salicariae
92. Rosaceae
93. Leguminosae
94. Terebinthaceae
95. Rhamni.

Klasse XV. Diclinie.

96. Euphorbiaceae
97. Cucurbitaceae.
98. Urticae
99. Amentaceae
100. Coniferae.

b) Das De Candolle'sche System.

§. 128. Dieses 1813 von De Candolle aufgestellte System ist das verbreitetste; es sollte sich nach der Absicht des Urhebers auf den Bau der Gewächse stützen; demnach zerfallen die Pflanzen in zwei grosse Abtheilungen, welche als Gefässpflanzen und Zellpflanzen bezeichnet werden. Die erste Abtheilung zerfällt in zwei Klassen, von welchen die erste als Exogenae s. Dicotyledoneae bezeichnet und angenommen wird, dass bei derselben das Wachsthum und Dickerwerden der Stämme ausserhalb der bereits vorhandenen Gefässbündel durch Zuwachs neuer Elementarorgane, also im Umfange des Stammes erfolgt, während bei der zweiten Klasse, Endogenae s. Monocotyledoneae, sich neue Gefässbündel im Innern des Stammes bilden, was jedoch nach den Untersuchungen Mohl's unrichtig ist. Zudem sind die Endogenae nicht gleichbedeutend mit Monocotyledoneae, indem die zu den Endogenae gezählten Gefässkryptogamen sich durch Sporen und nicht durch Samen fortpflanzen, folglich Acotyledoneae sind. Eine Uebersicht dieses Systems giebt die folgende Aufstellung:

I. Plantae vasculares s. Cotyledoneae.*)

A. Exogenae s. Dicotyledoneae.

1. Unterklasse Thalamiflorae: Kronblätter frei, mit den Staubgefässen auf dem Receptaculum (Thalamus) inserirt; hierher gehören z. B. Ranunculaceae, Papaveraceae, Cruciferae etc.
2. „ Calyciflorae: Kronblätter frei oder mehr oder weniger verwachsen, dem Kelch inserirt; z. B. Rosaceae, Umbelliferae, Leguminosae etc.
3. „ Corolliflorae: Kronblätter verwachsen, dem Receptaculum inserirt; Staubgefässe fast immer der Corolla angewachsen; z. B. Solaneae, Labiatae, Cinchonaceae etc.
4. „ Monochlamydeae: Perigon einfach oder fehlend; z. B. Polygoneae, Amentaceae etc.

B. Endogenae s. Monocotyledoneae.

1. Unterklasse Phanerogamae: Blüthen sichtbar, regelmässig; Gramineae, Irideae etc.

*) Zur Raumersparniss führen wir nicht sämmtliche Familien auf, sondern geben nur einige derselben als Beispiele für jede Unterklasse an.

2. Unterklasse Cryptogamae: Blüthen verborgen; z. B. Filices etc.

II. Plantae cellulares s. Acotyledoneae.

1. Unterklasse Foliosae: Pflanzen mit blattartiger Ausbreitung; z. B. Musci, Hepaticae etc.
2. „ Aphyllae: Pflanzen ohne bemerkbaren Gegensatz von Blatt und Stamm, z. B. Lichenes, Fungi etc.

Gegen diese Gliederung ist noch einzuwenden, dass bei den Zellpflanzen die Unterklasse der Foliosae jedenfalls den Cryptogamae näher steht, als den Aphyllae; ferner sind die Filices etc. keine Monocotyledoneae; auch ist die Eintheilung der 3 ersten Unterklassen der Vasculares ebenso wenig stichhaltig, wie die Eintheilung Jussieu's in Klassen und zwar aus dem gleichen Grunde, indem die Insertion der Blumenkrone nnd Staubgefässe oft bei einer und derselben Familie eine verschiedene ist.

c) Das Endlicher'sche System.

§. 129. Wir geben hier schliesslich noch eine Uebersicht dieses Systems, indem dasselbe gewissen grösseren systematischen Werken zu Grunde gelegt ist und mit zu den vollkommeneren gehört; dagegen können wir hier nicht weiter auf die verschiedenen übrigen bekannten Systeme eingehen, sondern müssen in dieser Beziehung auf ausführlichere Werke verweisen. Bis jetzt ist es noch nicht gelungen, ein allen Anforderungen vollkommen entsprechendes System aufzustellen; die Natur lässt sich eben nicht in eine Schablone einzwängen, welche die verschiedenen Uebergänge zwischen den Hauptformen unberücksichtigt lassen muss. Uebrigens genügen die neueren Systeme ihrem Hauptzweck, eine Uebersicht der einzelnen Glieder des Pflanzenreichs zu ermöglichen. Endlicher theilt die Pflanzen ein, wie folgt:

Regio I. Thallophyta — Lagerpflanzen.

Pflanzen ohne Gegensatz von Stengel oder Stamm und Wurzel, ohne Gefässe und Geschlechtsorgane, deren Keimsporen sich nach jeder Richtung ausbreiten.

Sectio I. Protophyta: Lagerpflanzen, welche auf verschiedener Grundlage gedeihen und aus dieser ihre Nahrung schöpfen, wie Algae, Lichenes etc.

„ II. Hysterophyta: Lagerpflanzen, welche auf organi-

schen Verwesungsproducten leben, alle Organe zugleich entwickeln und rasch zerfallen — Fungi.

Regio II. Cormophyta — Stammpflanzen.

Pflanzen mit Stamm und Wurzel, welche Theile sich in entgegengesetzter Richtung entwickeln; sie besitzen zum Theil Spiralgefässe und haben mehr entwickelte Geschlechtsorgane.

Sectio III. Acrobrya, Endsprosser: Stamm nur an der Spitze wachsend; der untere Theil bleibt unverändert und dient nur zur Aufnahme von Feuchtigkeit.

Cohors I. Anophyta; Pflanzen ohne Spiralgefässe, zweigeschlechtig, Sporen frei, in eigenen Behältern: Hepaticae, Musci etc.

„ II. Protophyta; Pflanzen mit mehr oder weniger vollkommenen Gefässbündeln; männliches Geschlecht unbekannt; Sporen frei in ein- oder mehrfächerigen Behältern: Filices, Equisetaceae etc.

„ III. Hysterophyta; Parasitische Pflanzen mit vollständigen Geschlechtsorganen; Samen ohne Embryo (?): Rhizantheae.

Sectio IV. Amphibrya, Umsprosser; Stamm im Umfang sich vergrössernd; z. B. Gramineae, Irideae, Liliaceae etc.

„ V. Acramphibrya, Endumsprosser; Stamm sowohl im Umfang als an der Spitze sich vergrössernd:

Cohors I. Gymnospermae, Eichen nackt; Befruchtung unmittelbar durch die Micropyle erfolgend: Coniferae etc.

„ II. Apetalae: Kelch fehlend, unentwickelt oder einfach oder kronblattartig, frei oder mit dem Ovarium verwachsen; z. B. Cupuliferae, Polygoneae etc.

„ III. Gamopetalae: Kelch und Blumenkrone vorhanden, letztere monopetal, zuweilen fehlschlagend; z. B. Compositae, Labiatae, Ericeae etc.

„ IV. Dialypetalae: Kelch und Blumenkrone vorhanden; ersterer ein- oder vielblätterig, frei oder mit dem Ovarium verwachsen, zuweilen kronblattartig; Co-

rolle freiblätterig oder am Grunde zusammenhängend; Insertion hypo-, epi- oder perigynisch; z. B. Umbelliferae, Cruciferae, Rosaceae, Leguminosae etc.

Alle diese Sectionen und Cohorten zerfallen wieder in 62 Klassen, welche durch Gruppirung der aufgestellten 279 Ordnungen oder Familien gebildet werden.

Vergleicht man nun die gegebenen Uebersichten der Systeme von Jussieu, De Candolle und Endlicher, so gelangt man zu dem Resultate, dass sich dieselben in ihren höheren Abtheilungen wenigstens nicht sehr wesentlich unterscheiden, wodurch der Beweis geliefert wird, dass dieselben nach rein wissenschaftlichen Prinzipien aufgestellt wurden. So entsprechen sich gegenseitig:

Jussieu's	De Candolle's
Acotyledones	Cellulares aphyllae, foliosae und Endogenae cryptogamae
Monocotyledones	Endogenae phanerogamae
Dicotyledones	Exogenae

Endlicher's

Thallophyta und Cormophyta
Acrobrya
Cormophyta Amphibria
Cormophyta Acramphibria.

§. 130. Ehe wir nun zur speciellen Betrachtung der medicinisch wichtigen Pflanzenfamilien übergehen, wollen wir hier noch eine Uebersicht geben, nach welcher wir die letzteren abhandeln; es ist derselben das De Candolle'sche System mit einigen Modificationen zu Grunde gelegt.

I. Abschnitt.

Phanerogamia — Blüthenpflanzen.

I. Abtheilung. Angiospermia. Bedecktsamige.

1. Klasse: Dicotyledones.

1. Unterklasse: Thalamiflorae. Bodenblüthige.
2. „ : Calyciflorae, Kelchblüthige.
3. „ : Corolliflorae, Corollenblüthige.

2. Klasse: Monocotyledones.

1. Unterklasse: Spadiciflorae, Kolbenblüthige.
2. „ : Petaloideae, Blumenblattartige.
3. „ : Glumiferae, Spelzblüthige.

II. Abtheilung. Gymnospermia, Nacktsamige.

II. Abschnitt.

Sporophyta — Sporenpflanzen.

I. Abtheilung. Acotyledones acrogenae, Gefässkryptogamen (Cryptogamia angiospermia).

1. Klasse: Filices, Farrnkräuter.
2. „ : Equisetaceae, Schachtelhalme.
3. „ : Lycopodiaceae, Bärlappartige.
4. „ : Musci, Laubmoose.

II. Abtheilung. Acotyledones thallogenae, Zellkryptogamen (Cryptogamia gymnospermia).

1. Klasse: Lichenes, Flechten.
2. „ : Fungi, Pilze.
3. „ : Algae, Algen.

Specieller Theil.

II. Abschnitt.

Uebersicht der medicinisch wichtigen Pflanzenfamilien.

I. Phanerogamia — Blüthenpflanzen.

Pflanzen mit männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen, Staubgefässen und Pistill; Samen einen Embryo einschliessend.

1. Angiospermia, Bedecktsamige.

Pflanzen mit vollständigen Blüthen; Eichen in Ovarien eingeschlossen.

1. *Klasse. Dicotyledones, Zweisamenlappige.*

Stamm mit deutlichen Jahresringen, aus Mark, Holz und Rinde bestehend; Blätter meist netzaderig oder fiedernervig; Kelch und Blumenkrone meist fünf- oder vierzählig; Embryo mit zwei gegenständigen Cotyledonen.

1. Unterklasse. Thalamiflorae, Bodenblüthige.

Kronblätter frei, dem Fruchtboden eingefügt; Staubfäden hypogynisch.

Ranunculaceae. Juss.

§. 131. Kräuter seltener Sträucher mit zerstreuten Blättern, ohne Nebenblätter, einfach oder getheilt. Blattstiel häufig scheidenartig; Blüthen regelmässig oder unregelmässig mit Kelch und Blumenkrone versehen oder ein Perigon. Blumenkrone 5 oder 2 bis 15blätterig oder fehlend; Kelch 5blätterig, selten 3 bis 6blätterig, oft gefärbt und hinfällig. Staubgefässe unterständig, zahl-

reich, frei; Staubbeutel angewachsen, häufig nach aussen gewendet. Stempel oberständig, aus zahlreichen, freien Carpellen bestehend, selten verwachsen, 1—vieleiig; Eichen gegenläufig; Früchte trocken, entweder nicht aufspringend (Caryopsen) oder vielsamige Kapseln, in der Bauchnaht aufspringend. Embryo sehr klein, am Grunde des Eiweisses, dem Nabel zugewendet. Verbreitung: Meist in der gemässigten Zone, seltener in den Tropengegenden auf Bergen. Eigenschaften: Enthalten scharfnarkotische, wässerige Säfte. (Vergl. Fig. 235. 335. 346.)

Zur Erleichterung der Uebersicht theilt man diese grosse Familie in folgende 5 Gruppen:

1. Clematideae: Knospenlage klappig oder einwärts gefaltet (Aestivatio valvata s. induplicata); Blätter gegenständig, Frucht eine Caryopse; hierher gehört das Genus Clematis.
2. Anemoneae: Knospenlage geschindelt (Aestivatio imbricata), Perigon corollinisch, Samen hängend, Blätter zerstreut; hierher Anemone, Adonis.
3. Ranunculeae: Blume vollständig; Knospenlage geschindelt; Kronblätter am Grunde mit einer Honigdrüse versehen, welche theils nackt, theils von einer Schuppe bedeckt ist; Früchtchen mit aufrechtem Samen; hierher das artenreiche Genus Ranunculus.
4. Helleboreae: Kelchblätter oft corollinisch, bleibend; Blumenblätter (Linné's Nectarien) röhrig, klein oder fehlend; Früchtchen mehrsamige Kapseln, vom Grund an mehr oder weniger verwachsen; Helleborus, Delphinium, Aconitum, Nigella.
5. Paeonieae: Blüthe vollständig, Kronblätter flach, ohne Honigdrüsen; Antheren einwärts gewendet; Früchte entweder aufspringende Kapseln oder Beeren; Paeonia.

Officinelle Gattungen und Spezies:

Anemone L., Küchenschelle; Perigon 5—vielblätterig; Hülle von der Blüthe entfernt stehend; Früchtchen zahlreich, kopfförmig auf dem verdickten Fruchtboden gehäuft; Caryopsen mitunter an der Spitze geschwänzt.

A. pratensis L. hat eine übergebogene Blüthe, sechs Perigonblätter, dunkel violett, aussen stark zottig, Perigonzipfel zurückgerollt; im nördlichen und östlichen Deutschland.

A. Pulsatilla L. unterscheidet sich durch die aufrechte Blüthe, deren Zipfel nicht zurückgerollt sind; im südlichen und westlichen Deutschland.

Beide werden frisch als Herba Pulsatillae (Tinctura, Extractum) verwendet.

Adonis L., Teufelsauge; 5 Kelch- und 5—15 Kronblätter ohne Honiggrube und Nectarschuppe; Früchtchen ein kugeliges Köpfchen bildend.
Die scharf wirkende Wurzel von A. vernalis L. bildet eine Verwechslung der Radix Hellebori nigri.

Ranunculus L., Hahnenfuss; Kelch und Blumenkrone frei, fünfblätterig mit Nectarschuppe versehen; die zahlreichen Früchtchen spiralig zu einem Köpfchen angeordnet (Fig. 235).

Von den zahlreichen, sich durch einen Gehalt an scharfen, beim Trocknen jedoch verschwindenden, Bestandtheilen auszeichnenden Arten nennen wir als bei uns vorkommend:
R. acris L. Scharfer Hahnenfuss; Stengel aufrecht, alle Blätter handförmig getheilt, Blattstiele stielrund; früher officinell als Herba R. acris.
R. sceleratus L. Giftiger Hahnenfuss; nur die unteren Blätter handförmig getheilt, die oberen dreitheilig, dreilappig, die Blattstiele gefurcht; lieferte früher die Herba R. palustris.
R. bulbosus L. Knolliger Hahnenfuss; Stengel am Grunde zwiebelartig verdickt; Blätter eingeschnitten gesägt, dreifach dreitheilig; lieferte die obsoleten Bulbi R.
R. aquatilis L. Wasserhahnenfuss; Stengel fluthend, die unter dem Wasser befindlichen Blätter vielspaltig, die herausragenden nierenförmig, lappig oder gespalten (Fig. 189), Blüthen weiss; war früher als Herba R. aquatilis officinell.

Helleborus Salisb., Niesswurz; Kelch fünfblättrig, oft gefärbt und perigonartig, bleibend; Kronblätter (Nectaria Linné's) klein, röhrig, nectarführend; Kapseln selten über fünf mit zweireihigen Samen, in der Bauchnaht aufspringend.

H. niger L. Schwarze Niesswurz, Christwurz (weil um Weihnachten blühend); Blätter sämmtlich grundständig, fussförmig; Blättchen lederartig, keilförmig, kurz gestielt, von der Mitte bis zur Spitze entfernt gesägt; Kelchblätter weiss, blumenblattartig. — In Gebirgswäldern des mittleren und südlichen Europas. — Der Wurzelstock bildet die Radix Hellebori nigri; Bestandtheile: Helleborein, Helleborin, beide Glycoside, von welchen das erste narkotisch wirkt und in Helleboretin und Zucker gespalten werden kann, während sich das scharfe Helleborin in Helleboresin und Zucker spaltet; ferner fand man noch Spuren ätherischen Oeles, scharfes fettes Oel, Harz, Wachs, Gummi, Stärke etc.
H. viridis L. Grüne Niesswurz; Stengel an den Verästelungen desselben beblättert, die grundständigen fussförmig, die Blättchen scharf gesägt; Kelchblätter bleichgrün; Blüthen nickend; in Gebirgswäldern des mittleren Europas; Wurzelstock in Oesterreich officinell, als Radix H. viridis, welche wirksamer sein soll, als die Vorige, der Natur der Bestandtheile nach mit jener aber übereinzustimmen scheint.
H. foetidus L. unterscheidet sich durch ihren der ganzen Länge nach beblätterten Stengel und die bleichgrünen, am Rande röthlichen Kelchblätter; im südlichen und westlichen Europa; lieferte früher die Radix Helleborastri.

Delphinium Tourn., Rittersporn; charakterisirt sich durch den corollenartigen, fünfblättrigen Kelch, von welchem das oberste Blatt gespornt ist; von den vier Kronblättern sind zwei gespornt und deren Sporne in den Sporn des Kelchblattes eingeschlossen; Frucht aus zwei bis drei freien Kapseln bestehend, von welchen oft alle bis auf eine fehlschlagen.

D. Staphis agria L. Scharfer Rittersporn, in Südeuropa, liefert die Semina Staphis agriae, Stephans- oder Läusekörner, welche neben dem scharf narkotischen Delphinin, an Aepfelsäure gebunden, noch Staphis agrin, Fett etc. enthalten.
D. Consolida L., der durch ganz Europa unter Getreide vorkommende Feldrittersporn, hat nur ein Carpell und liefert in seinen schön himmelblauen Blüthen die Flores Calcatrippae s. Consolidae regalis, welche nur mehr zu Räucherspezies Verwendung finden.

Nigella Tourn., Schwarzkümmel; Kelch corollinisch, fünfblätterig, abfallend; Kronblätter klein, zweispaltig, genagelt, 5—10, am Grunde eine Nectardrüse tragend, welche von einer Schuppe bedeckt wird; Kapseln verwachsen, geschnäbelt mit zweireihigen Samen.

N. sativa L., Aechter Schwarzkümmel; Kapseln am Rücken mit einem Nerv versehen, aussen warzig rauh. — In Südeuropa; liefert die kampferartig riechenden Semina Nigellae.
N. arvensis L. Feldschwarzkümmel; hat dreinervige, glatte Kapseln.
N. damascena L., Damascener Feldkümmel; hat glatte, blasenartig verwachsene Kapseln; die den officinellen ähnlichen Samen besitzen einen Erdbeergeruch, der besonders beim Reiben hervortritt.

Eine Eigenthümlichkeit des Genus Nigella besteht darin, dass sich bei der Befruchtung das Pistill krümmt, um den Pollen aufzunehmen.

Aconitum Tourn., Eisen-, Sturmhut. — Kelch perigonartig, ungleich, fünfblätterig, das oberste Blatt stark gewölbt (Galea, Helm oder Haube); Kronblätter zwei, lang ge-

Fig. 391.



nagelt, kappenförmig, gespornt (Fig. 391), unter dem Helm verborgen; Filamente bis zur Hälfte herauf geflügelt; Kapseln frei, meist drei, zuweilen fünf, vielsamig. Officinell sind von den europäischen nur die blaublühenden Arten, deren Unterschiede am sichersten an den Früchten erkannt werden.

A. variegatum L. (A. Cammarum Jacq., A. altigaleatum Hayn.); Blätter matt, fingerig handförmig, die einzelnen Lappen rhombisch, die äussersten lanzettlich; Helm hoch, unter der Spitze einwärts gebogen; Kapseln meist drei, parallel aufwärts gerichtet. — Auf den Berner, Salzburger Alpen, in Böhmen, Schlesien, Steiermark.
A. neomontanum Willd. (A. Störkianum Reichb., A. Cammarum Störk); Blätter beiderseits glänzend, obere Seite dunkler, als die untere; die einzelnen Lappen lanzettförmig; Kapsel zusammengeneigt überhängend. — Vorkommen, wie bei der vorigen Art.
A. Napellus L. (A. variabile Napellus Hayn.); Blätter oberseits hochgrün, unten blässer, Segmente derselben linear-lanzettlich, Kapseln divergirend. — Auf den Alpen der Schweiz, Böhmens, Schlesiens etc., bei uns nebst den vorigen Arten in Gärten kultivirt. Alle diese Arten blühen violett oder blau und die Blätter sind die officinellen Folia Aconiti, wie die letzte Spezies noch die Tubera Aconiti der preuss. und deutschen Pharmacopöe liefert. Bestandtheile: Aconitin an Aconitsäure gebunden, Napellin etc.
Andere erwähnenswerthe Spezies sind: A. Anthora L. mit gelbem, bleibendem Kelch und rübenförmiger Wurzel und A. Lycoctonum L., gleichfalls mit gelbem, aber hinfälligem Kelch und faseriger Wurzel, beide in dem gebirgigen Theile Mitteleuropas; endlich noch das im Himalayagebirge einheimische A. ferox Wall., mit sehr giftiger Wurzel, welche zur Darstellung des bekanntlich sehr stark wirkenden „englischen“ Aconitin verwendet werden soll.

Paeonia Tourn., Pfingstrose; Kelchblätter fünf, ungleich, blattartig, bleibend; Kronblätter fünf oder mehr; Antheren nach auswärts gewendet, nach dem Stäuben schraubenartig sich drehend; Kapseln 2—5, aufspringend (Fig. 346).

P. officinalis Retz., Gartenpfingstrose; Wurzel knollig verdickt, Früchte aufrecht.
P. peregrina Mill., Ausländische Pfingstrose; Wurzel wie bei der vorigen Spezies; Früchte feinfilzig, divergirend.
P. corollina Retz., Korallentragende P.; Wurzel ästig gegliedert, fleischig, rübenförmig; Früchte bogig zurückgekrümmt. — Sämmtliche Spezies, in Südeuropa einheimisch, finden sich in unseren Gärten; die beiden ersteren liefern die Radix Paoniae und mit der letzteren Art auch die zu Räucherspezies dienenden Flores P., sowie die als Amulette dienenden Samen — Semen P.

Magnoliaceae. De Cand.

§. 132. Diese Familie besteht aus Bäumen und Sträuchern mit wechselständigen, einfachen, gestielten, ganzen oder ganzran-

digen, fiedernervigen Blättern und häutigen, abfallenden Nebenblättern, welche die jungen Blätter einhüllen; Blüthen regelmässig, zwitterig, selten eingeschlechtig, gipfel- oder achselständig, einzeln, seltener büschelig oder traubig; Kelchblätter 3—6; Kronblätter 2—30 in mehreren Wirteln, in der Knospe geschindelt; Staubgefässe zahlreich, frei; Carpelle zahlreich, selten zwei oder nur eines, entweder wirtelförmig angeordnet (Wintereae) oder conisch gestellt (Magnolieae)*); Frucht an der Rücken- oder Bauchnaht sich öffnende Kapseln, seltener beerenartig, einfächerig, ein- oder mehrsamig; Samen oft mit fleischigem Arillus versehen, sitzend oder nach dem Aufspringen der Kapseln an einer langen Samenschnur heraushängend; Embryo klein, im Grunde des fleischigen Eiweisses. — Vorkommen: Im Süden von Nordamerika, Westindien, Südamerika, China, Japan, Australien etc. Bestandtheile: Aetherisches Oel, Bitterstoffe, Harze etc.

Medicinisch wichtig ist nur die Gruppe der Wintereae, welche sich, ausser durch die oben angegebene Stellung der Carpelle, durch drüsig punktirte Blätter auszeichnet und wohin Drymis Winteri Forst., die Stammpflanze der ächten, ursprünglich angewendeten Cortex Winteranus von der Magelhaenstrasse, und Illicium anisatum L., ein schöner Baum Chinas und Japans, gehört, von welchem der bekannte Sternanis, Fructus Anisi stellati s. Badiani abstammt, bestehend aus acht horizontal gestellten, am Grunde vereinigten Carpellen, welche der Länge nach oben aufspringen und je einen flachgedrückten, glänzend braunen Samen enthalten.

Anmerkung. Die nahe verwandte Familie der Anonaceen unterscheidet sich von der vorigen durch mangelnde Nebenblätter, klappige Aestivation etc.; die Glieder dieser Familie bewohnen die Tropengegenden von Asien, Afrika, Amerika und gehört zu derselben: Habzelia aethiopica De Cand. fil. in Mittelafrika, deren Früchte den früher gebräuchlichen „äthiopischen Pfeffer — Piper aethiopicum“ bilden.

Menispermeae. Juss.

§. 133. Sträucher mit dünnen, oft windenden Stengeln; Blätter zerstreut, oft hand- oder schildförmig, ohne Nebenblätter; Blüthen sehr klein, diclinisch oder dioecisch, in der Knospe geschindelt oder klappig, zu drei oder mehr Wirteln angeordnet; Kelchblätter 3—12; Kron- und Staubblätter in gleicher Anzahl mit der der Kelchblätter oder letztere ein Multiplum deren Zahl und dann dem äusseren Kelchkreis, bei gleicher Anzahl den Kronblättern, gegenüber gestellt, frei oder die inneren monadelphisch oder alle zu einer centralen Säule verwachsen,

*) Ein Beispiel für diese Gruppe bildet der bei uns in Anlagen gezogene Tulpenbaum, Liriodendron tulipifera L.

meist mit nach aussen gewendeten Antheren; Carpelle zahlreich, frei oder am Grunde verwachsen; Eichen krummläufig. Frucht eine Steinfrucht oder einsamige Beere; Eiweiss im Samen fehlend oder wenn vorhanden fleischig; Embryo gekrümmt; Cotylen flach an einander liegend oder auseinander stehend. Ganz charakteristisch für diese Familie ist die Abweichung im Bau der verschiedenen Pflanzentheile und die Structur des sehr gefässreichen Holzes mit oft excentrischem Mark, wie z. B. bei der Radix Pareirae bravae zu beobachten ist. — Vorkommen: Tropisches Asien und Amerika; Bestandtheile: Bittere Stoffe und narkotische (Picrotoxin), neben schleimigen Bestandtheilen.

Officinelle Menispermeen sind: Jateorrhiza Columbo Miers (Cocculus palmatus Wall., Menispermum Columbo Roxb.), eine in den Wäldern von Ostafrika (Mozambique, Oimbo, Querimbo etc.), ferner auf Ceylon wildwachsende Pflanze, welche die Radix Columbo liefert; dieselbe enthält Berberin an Columbosäure gebunden, Columbin, einen indifferenten Bitterstoff, ferner über 30 p. C. Stärke etc. — Anamirta Cocculus*) Wight u. Arn. (Menispermum L.), auf Java, Malabar, Ceylon etc., liefert in seinen Früchten die bekannten Cocculi indici s. levantici, Kokkelskörner, welche das tetanisch wirkende Picrotoxin in den Samen, in dem dünnen Fruchtfleisch das nicht giftige Menispermin, Hypopicrotoxin, Harz, Gummi etc. enthalten.

Bemerkenswerth sind ferner noch Cissampelos Pareira L. in Westindien, von welcher die fast obsolete Radix Pareirae stammt; Coscinium fenestratum Colebr., auf Ceylon, liefert eine falsche Columbo-Wurzel, welche von den Cinghalesen aber der ächten vorgezogen wird; von Cocculus Amazonum Marit. soll das südamerikanische Ticunas-Pfeilgift, abstammen etc.

Berberideae. Juss.

§. 134. Kräuter und Sträucher oder perennirende Kräuter mit zerstreuten, oft zu Büscheln vereinigten, einfachen Blättern oder mit wimperig oder feindornig gesägten Fiederblättchen; die Blätter der Haupttriebe verwandeln sich oft in Dornen; Kelchblätter gefärbt, zweireihig und abwechselnd gestellt; Kronblätter so viel als Kelchblätter, diesen gegenüber, am Grunde mit Nectardrüsen versehen; Staubblätter so viele als Kronblätter, diesen gegenüber; Antheren zweifächerig mit Klappen aufspringend; Fruchtknoten frei, einfächerig mit 2—12 gegenläufigen, aufrechten oder aufsteigenden Eichen; Narbe kreisrund, fast sitzend; Frucht eine ein- bis dreisamige Kapsel oder Beere. Charakteristisch ist für diese Familie die oft büschelige Stellung der Blät-

*) Wurde von Menispermum getrennt wegen der zu einer Säule verwachsenen Staubgefässe, welche bei Menispermum frei sind.

ter und die Sensibilität der Filamente, welche bei Berührung sich gegen die Narbe krümmen, dort sich mit den Antheren anlegen, worauf sich die letzteren öffnen. — Vorkommen: In den gemässigten Regionen Europas und Amerikas, im Norden von Indien etc.

Officinell sind:

Berberis L., Sauerdorn; Kelch sechsblätterig, die drei äusseren Blätter kleiner; Kronblätter eben so viele, innen am Grunde mit zwei Drüsen versehen; Staubgefässe sechs, Fruchtknoten mit schildförmiger, bleibender Narbe, zweieiig, Beere ein- bis zweisamig.

Berberis vulgaris L., gemeiner Sauerdorn, mit dornigen Aesten: die dreitheiligen, aus Blättern hervorgegangenen Dornen stehen unter den Blattbüscheln; Blätter verkehrt eirund-länglich, feindornig gesägt; die vielblüthigen Trauben treten aus der Mitte der Blattbüschel hervor und sind hängend; Blüthen gelb, Beeren länglich, roth, an der Spitze durchbohrt. Im grössten Theile Europas und Westasiens auf Kalkboden; die reifen Beeren dienen zur Bereitung des Syrupus Berberidum; die Wurzel, Radix Berberidis, enthält in ihrer auf dem Querschnitte lebhaft gelben Rinde Berberin, Oxyacanthin, Harz, Gerbstoff etc.

Podophyllum peltatum L., das gemeine Fussblatt, ist eine in Nordamerika einheimische und officinelle Pflanze mit dreiblätterigem Kelch, 6—9 Kronblättern, der doppelten Anzahl von Staubblättern als Kronblätter und eirunder, gelblicher Beere. — Die Wurzel enthält das kräftig emeto-cathartisch wirkende Podophyllin (vegetabilischer Calomel genannt).

Anmerkung. Die bisher abgehandelten Familien bilden bei Endlicher zusammen die Ordnung der Vielfrüchtler oder Polycarpicae.

Papaveraceae. Juss.

§. 135. Krautartige Pflanzen mit weissem oder mit gefärbten Milchsäften (gelb bei Chelidonium, roth bei Sanguinaria etc.) und zerstreuten Blättern; Kelchblätter zwei, hinfällig; Blumenkrone regelmässig vier, seltener sechs- bis zwölfblätterig, in der Knospe zerknittert (Aestivatio corrugativa); Staubgefässe zahlreich, frei; Fruchtknoten einfächerig, vieleiig; Eichen gegenläufig oder halbgekrümmt an wandständigen Placenten, welche in gleicher Anzahl wie die Narbenlappen (mit diesen abwechselnd gestellt sind. Frucht eine einfächerige Kapsel oder schotenförmig; Samen klein, eiweisshaltig; Embryo im Grunde des ölig fleischigen Embryos. — Vorkommen: Die meisten sind in Europa, einige in anderen Welttheilen einheimisch. — Bestandtheile: Theils narkotische, theils scharf narkotische Stoffe, in den Samen fettes Oel etc.

Officinelle Pflanzen dieser Familie sind:

Papaver Tourn., Mohn. — Kelch zweiblätterig, hinfällig, indem er sich vom Grunde ablöst (Fig. 253); Kronblätter vier,

umgekehrt eiförmig, weiss, lila oder roth, meist mit einem dunkleren Fleck am Grunde; Staubgefässe zahlreich, nach oben keulenförmig verdickt; Fruchtknoten verkehrt ei- oder rundlich krugförmig; Samenträger wandständig, scheidewandartig, fast in der Mitte zusammenstossend, auf beiden Flächen dicht mit zahlreichen, krummläufigen Eichen bedeckt; Narbe sitzend, 8—15strahlig; Kapsel unter der Narbe mit Löchern aufspringend; Samen rundlich nierenförmig, netzförmig geadert; Keim bogig gekrümmt.

P. somniferum L., Gartenmohn, mit kahlem Stengel und Blättern, letztere stengelumfassend; die Blüthenstiele sind mit abstehenden Haaren besetzt, die Kapsel ist kahl und bei der Varietät α) nigrum kugelig, deutlich mit Löchern aufspringend, die Samen schwärzlich oder blaugrau, die Kronblätter meist roth, bei der Var. β) album ist die Kapsel kugelig eiförmig, öffnet sich gar nicht oder undeutlich mit Löchern und hat weisse Samen, wie auch eben solche Kronblätter. — Von letzterer Art, welche im Orient einheimisch ist und bei uns kultivirt wird, stammen die Capita Papaveris, der Mohnsamen (Semen P.), aus welchem das Mohnöl gewonnen wird; der getrocknete Milchsaft, welcher durch Anschneiden der unreifen Mohnköpfe erhalten wird, ist das Opium, welches als wichtigste Bestandtheile das Morphium (durchschnittlich 13—15 p. C.), das Codeïn, Thebaïn etc., gebunden an Meconund Thebolactinsäure, enthält.

P. dubium L. hat rauhhaarige Blüthenstiele, die Haare sind angedrückt, steif, die Kapsel kahl, keulenförmig; bei uns auf Aeckern.

P. Rhoeas L., Klatschmohn; der vielblüthige Stengel trägt abstehende Borstenhaare und die kahle Kapsel ist eirund, krugförmig. — Auf Aeckern; die Kronblätter liefern die Flores P. rhoeados zur Darstellung eines Syrups.

Sanguinaria Dill., Blutkraut; Kelchblätter zwei, Kronblätter 8—12, in 2—3 Reihen angeordnet; Narbe sitzend, zweilappig; Kapsel bauchig, länglich, zweiklappig sich öffnend; Samen mit einem verlängerten, angedrückten Arillus.

S. canadensis L. in Nordamerika, liefert die Radix Sanguinariae mit rothem Milchsaft von brechenerregender Eigenschaft, welche Sanguinarin, ein angeblich mit dem Chelerythrin in Chelidonium identischen, basischen Stoff, ferner das rothe, krystallinische Puccin, Chelidonsäure etc. enthält.

Chelidonium Tourn., Schöllkraut; Kelchblätter zwei, Kronblätter vier, in der Knospe ziegeldachförmig, kraus gefaltet; Narbe zweilappig; Frucht schotenförmig, zweiklappig, einfächerig; die Klappen lösen sich von den beiden Placenten ab, welche rahmenartig stehen bleiben (Fig. 326); Samen klein, eiförmig, mit kammförmigem Nabelwulst; Keim klein, gerade.

Ch. majus L., Gemeines Schöllkraut; Blüthen gelb, in langstie-

ligen Dolden, Blätter fiedertheilig, in allen Theilen einen gelben Milchsaft führend; allenthalben auf Schutt etc. — Das frische Kraut Herba Chelidonii majoris liefert ein Extract; der Milchsaft enthält zwei Alkaloide: Chelerythrin, scharf giftig, und Chelidonin, nicht giftig, bitter, Chelidoxanthin (gelber Bitterstoff), Chelidon- und Apfelsäure etc.

Anmerkung. Die Genera der Papaveraceen sind schon durch die Fruchtform leicht von einander zu unterscheiden; die Gattungen mit schotenförmigen Früchten nähern sich durch diese den Cruciferen, von welchen sie sich aber durch die Anzahl der Staubgefässe, den Mangel von Scheidewänden in der Frucht und durch das vorhandene Eiweiss unterscheiden.

Fumariaceae. De Cand.

§. 136. Zarte Kräuter mit wässerigen Säften, zerstreuten, getheilten Blättern ohne Nebenblätter; Kelch zweiblätterig, hinfällig; Blumenkrone unregelmässig, vierblätterig, die beiden äusseren oft mit einem Höcker oder Sporn versehen und grösser, die beiden inneren, kleineren durch eine Drüse verklebt; Staubgefässe sechs, diadelphisch; die beiden Bündel den äusseren Kronblättern gegenüber, die beiden äusseren Staubbeutel jedes Bündels ein-, der innere zweifächerig (Fig. 274); Fruchtknoten einfächerig, Eichen einzeln oder zahlreich, halbgekrümmt oder krummläufig; Frucht eine schotenförmige Kapsel, einfächerig, zweiklappig oder einsamig, nicht aufspringend; Samen eiweisshaltig; Embryo klein, meist gerade, seltener bogenförmig. — Vorkommen: Meist in der gemässigten Zone der nördlichen Hemisphäre. — Bestandtheile: Bittere Stoffe, viel Salze etc.

Fumaria Tourn., Erdrauch, allenthalben bei uns auf Aeckern, charakterisirt sich durch die Frucht, welche ein einsamiges, nicht aufspringendes Nüsschen darstellt.

F. officinalis L., der gemeine Erdrauch, besitzt einen verästelten Stengel mit graugrünen, kahlen, doppelt gefiederten Blättern mit spatelförmigen Endlappen und einer Frucht, welche breiter, als lang ist; dadurch unterschieden von der sehr ähnlichen F. Vaillantii Lois., welche gleichen Standort besitzt, deren Blätter aber schmäler und mehr spitze Endlappen zeigen, während auch die Frucht kreisrund ist. Beide liefern die Herba Fumariae, welche neben dem Bitterstoff Fumarin, noch Fumarsäure und Salze etc. enthält.

Die Gattung Corydalis ist durch die einfächerige, zweiklappige, vielsamige Frucht verschieden; von C. fabacea Pers. sammelte man früher die Hohl- oder Osterluzeiwurzel (Tubera Aristolochiae cavae) und von C. cava Schweigg. die runde Hohlwurzel (Tubera A. fabaceae), welche das krystallinische Corydalin, wahrscheinlich identisch mit dem Fumarin, enthalten. — Diclytra spectabilis De C. ist eine ihrer schönen Blüthen wegen bei uns häufig in Gärten gezogene Pflanze, enthält in der Wurzel einen gelben Milchsaft, wodurch sie eine Verwandtschaft mit den Papaveraceen andeutet.

In Bezug auf ihre Verwandtschaft zeigen die Fumariaceen einige Beziehung zu den Papaveraceen durch den zweiblätterigen Kelch, das fleischige Eiweiss etc.; doch unterscheiden sie sich durch die unregelmässige Blumenkrone, die Staubgefässe, Fruchtbildung etc.; anderntheils nähern sie sich durch die Frucht den Cruciferen, von welchen sie aber durch die Anordnung der Staubgefässe, durch die Form der Blüthe etc. unterschieden sind.

Cruciferae. Juss.

§. 137. Kräuter, Halbsträucher und Sträucher mit zerstreuten oder abwechselnden Blättern; Blüthen zwitterig, ohne Bracteen anfänglich in Doldentrauben, später in Trauben angeordnet; Kelch vierblätterig, hinfällig, in der Knospe geschindelt; Kronblätter vier, mit den Kelchblättern abwechselnd, über Kreuz gestellt. (Kreuzblüthler) (Fig. 268), selten fehlend; Staubgefässe sechs, die vier inneren länger und paarweise den Samenträgern gegenüber, die zwei äusseren kürzer, den Klappen des Ovariums gegenüber gestellt (Fig. 281); im Grunde der Blüthe 2—4 Drüschen; Fruchtknoten zweifächerig, frei, mit krummläufigen Eichen; Griffel einer, mit zwei mitunter verwachsenen Narben; Frucht eine zweiklappige, zweifächerige Schote (Fig. 347) oder ein Schötchen (Fig. 348, 349) oder eine einsamige, nicht aufspringende nussartige (Nucamentum) oder endlich eine Gliederhülse (Lomentum, Fig. 345); Samenträger zwei, am Rande der Scheidewand befestigt; Samen eiweisslos, meist hängend, Embryo gekrümmt, sehr selten spiralig. — Vorkommen: In gemässigten und kalten Klimaten, in den Tropen fast nur auf Gebirgen. — Bestandtheile: Flüchtige scharfe Stoffe und Salze etc.; die ätherischen Oele zeichnen sich theilweise durch ihren Gehalt an Schwefel aus.

Diese Familie, aus sehr zahlreichen Gliedern bestehend, zeichnet sich also hauptsächlich durch die Kreuzblüthe (flos cruciatus), die Länge und Stellung der Staubblätter, die Schotenfrucht aus.

Zur Erleichterung der Uebersicht hat De Candolle fünf Unterordnungen nach der Art der Zusammenfaltung des Embryos gebildet, welche wir schon pag. 161 ausführlich beschrieben haben und deshalb darauf hinweisen; die Eintheilung der Tetradynamia Linné's, wohin diese Familie gehört, in Siliquosae und Siliculosae, zu welchen später noch die dritte Gruppe der Nucamentaceae kam, ist bereits in der Uebersicht des betreffenden Systems angegeben.

1. Pleurorrhizae, Seitenwurzelige (pag. 161).

Nasturtium R. Br.; Frucht eine aufspringende Schote mit zweireihigen Samen in jedem Fache (Unterschied von Cardamine mit einreihigen Samen).

N. officinale R. Br., Gemeine Brunnenkresse; Blüthen weiss, Stengel röhrig, am Grunde kriechend, dann aufsteigend, mit leierförmig gefiederten Blättern; allenthalben bei uns an wasserreichen Stellen, liefert das frische Kraut, Herba N. aquatici, zu Kräutersäften.

Cochlearia L., Löffelkraut. — Schötchen rundlich, vom Rücken her zusammengedrückt (Unterschied von Thlaspi, dessen Schötchen von der Seite her zusammengedrückt ist), aufspringend; Griffel nach dem Aufspringen auf der Scheidewand stehen bleibend (Fig. 392); zwei oder mehr Drüsen auf dem Blüthenboden neben den äusseren Staubgefässen.

Fig. 392.

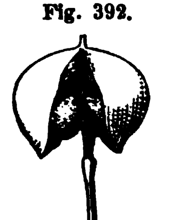


Fig. 392. Frucht von Cochlearia.

C. officinalis L., Gemeines L. — Schötchen mit einem Längsnerven; Blätter fleischig, die grundständigen gestielt, breit eirund; Stengelblätter eirund, gezähnt, die obersten sitzend. — Findet sich an den nördlichen Küsten, in Mitteleuropa in der Nähe von Salinen. — Officinell ist das frische Kraut, Herba C. von antiscorbutischer Wirkung, enthaltend ein schwefelhaltiges, ätherisches Oel und viele Salze.

C. Armoracia L., Meerrettig, Schötchen fast kugelig, ohne Längsnerven; grundständige Blätter gestielt, länglich, gekerbt, Stengelblätter sitzend, die oberen lanzettlich, gesägt, die obersten ganzrandig, linienförmig. — Standort an den nördlichen Küsten, bei uns kultivirt; die Wurzel ist der bekannte Meerrettig, Radix Armoraciae, welcher auch frisch als hautröthendes Mittel dient und ähnliche Bestandtheile enthält, wie das Löffelkraut, dabei Zucker, Amylum, Harz etc.

2. Notorrhizae, Rückenwurzelige (p. 161).

Capsella Vent., Täschelkraut. — Kelchblätter gleich, Kronblätter ungleich; Schötchen keilförmig, ungeflügelt, vielsamig.

C. Bursa pastoris Mönch., Hirtentäschelkraut; liefert die Herba B. pastoris.

Lepidium L., Kresse, unterscheidet sich durch gleiche Kelch- und Kronblätter, rundliche Schötchen mit zuweilen geflügelten Klappen und vielsamigen Fächern; hierher gehört L. sativum L., die bekannte Gartenkresse, mit ähnlichen Bestandtheilen, wie die Brunnenkresse.

Isatis Tourn., ist verschieden durch die nicht aufspringende, geflügelte Schote, welche einfächerig und einsamig

ist; die Spezies I. tinctoria L. liefert den unter dem Namen Waid bekannten Handelsartikel, welcher einen mit dem Indigo identischen Farbstoff enthält.

3. Orthoploceae, Rinniggefaltete (p. 162).

Brassica L., Kohl. Schote länglich, aufspringend, geschnäbelt mit einem geraden Rückennerven.

B. nigra Koch. (Sinapis Lin.); Schwarzer Senf; Schoten kahl, mit kurzem, dünnen Schnabel, der Achse dicht anliegend. — Wild im mittleren und südlichen Europa, im nördlichen auch angebaut und verwildert. — Officinell sind die Samen, Semen Sinapis nigrae, der schwarze Senf, welcher als hautröthendes Mittel und zur Darstellung des ätherischen Senföls, Oleum Sinapis aethereum dient; letzteres entsteht aus dem in den Samen enthaltenen myronsaurem Kali und dem Myrosin unter Zutritt von Wasser und ist also nicht fertig gebildet in den Samen enthalten; ferner enhält der letztere noch fettes Oel in beträchtlicher Menge.

(Das im Handel vorkommende russische oder Sarepta-Senfmehl stammt von Sinapis juncea Mayer, welche Pflanze in China, Indien, Aegypten zu Hause, besonders im Gouv. Saratow und dem ganzen südöstlichen Russland im Grossen gebaut wird.)

B. Napus L., der Reps, aus dessen Samen das Repsöl, Oleum Napi, gewonnen wird, hat kahle, bläulichgrüne Blätter und stumpf geschnäbelte Schoten.

B. Rapa L., der Rübenkohl, unterscheidet sich durch rauhhaarige, gesättigt grüne Blätter und die langen, pfriemenförmig geschnäbelten Schoten. Die beiden letzteren Species werden in verschiedenen Varietäten im ganzen nördlichen und mittleren Europa kultivirt, und die zuletzt genannte liefert die als Futter für Rindvieh etc. dienenden weissen Rüben, die Samen ein fettes Oel.

B. oleracea L., der Gemüsekohl, wird in vielen Varietäten als Gemüsepflanze gezogen, und stammen davon der Wirsing, Krauskohl, Blumenkohl, Rosenkohl etc.

Sinapis L., Senf. Kelchblätter und Schoten abstehend; letztere rauhhaarig, mit einem schwertförmigen Schnabel, ebenso lang oder länger als die drei- bis fünfnervigen Klappen, welche sich bei der Reife öffnen.

S. alba L., weisser Senf; Blätter leierförmig, gestielt; Klappen der Schote fünfnervig, kürzer als der Schnabel. — Theils wild, theils kultivirt im südlichen und mittleren Europa. — Officinell sind die Samen, Semen S. albae; dieselben enthalten zwar Myrosin, aber kein myronsaures Kali, liefern deshalb auch kein ätherisches Senföl; dagegen findet sich in denselben eine krystallinische Substanz, Sulfosinapisin, Schwefelsenfsäure und das indifferente Erucin.

S. arvensis L., der Ackersenf, ein lästiges Unkraut, unterscheidet sich durch die oberen eiförmigen Blätter, die nur dreinervigen Klappen, welche so lang sind, als der Schnabel.

Das Genus Raphanus Tourn., wohin R. sativus L. mit seinen verschiedenen Varietäten zählt, ist verschieden durch die nicht aufspringenden, runden, stachelspitzigen, mit queren Scheidewänden

versehenen und innen schwammigen Schoten; Raphanistrum hat gleichfalls nicht aufspringende, geschnäbelte und gegliederte Schoten.

Aus den Unterabtheilungen der Spirolobeae, wohin Bunias und Erucago gehören, und aus jener der Diplecolobeae (Heliophylla, Subularia), sind keine officinellen Pflanzen anzuführen.

---

§. 138. Wir erwähnen hier kurz einige Pflanzenfamilien, welche nur untergeordnete Bedeutung in Beziehung auf ihre medicinische Verwendung haben.

Capparideae Juss., meist strauch- oder krautartige Pflanzen mit zerstreuten Blättern, theils ohne, theils mit in Dornen verwandelten Nebenblättern; Kelch- und Kronblätter vier, Staubblätter unbestimmt oder sechs; Fruchtknoten einfächerig, mit zwei wandständigen Placenten; Frucht eine Schote oder Beere mit nierenförmigen Samen. — Finden sich in den tropischen oder wärmeren Erdstrichen fast aller Welttheile; ihre chemischen Eigenschaften sind kaum bekannt.

Verschieden von den verwandten Cruciferen durch die Staubgefässe und nierenförmigen Samen sind zu erwähnen: Capparis spinosa L., der Kapernstrauch, aus dem Gebiete des Mittelmeeres, dessen Knospen die bekannten, nach Hlasiwetz Rutinsäure enthaltenden Kapern des Handels bilden. Die Capparideen gehören mit den Papaveraceen, Cruciferen etc. zu der Klasse der Rhoeades Endlicher's.

Cistineae Juss. sind Kräuter, Sträucher und Halbsträucher mit fünf bleibenden Kelch- und ebenso vielen hinfälligen Kronblättern, welche in der Knospenlage gedreht sind, und zwar die letzteren in entgegengesetzter Richtung der ersteren; Staubgefässe frei, zahlreich; Fruchtknoten mit wandständigen Placenten, welche in der Mitte der 3—5 Carpelle befestigt sind; die kleinen eckigen Samen tragen den spiraligen oder gekrümmten Embryo in einem mehligen Eiweiss. — Hierher gehört blos die Stammpflanze des obsoleten Ladanum, Resina Ladani, aus Südeuropa, dem Orient — Cistus creticus L.

Droseraceae De C., sind krautartige, mit gestielten Drüsen versehene Pflanzen, deren zerstreute Blätter im Knospenzustande (mit Ausnahme von Dionaea) schneckenförmig eingerollt sind; die Zahl der Kelch- und Kronblätter beträgt fünf, ebenso die der Staubblätter, welche meist mit Längsrissen aufspringen; Fruchtknoten einfächerig, mit 3—5 Griffeln versehen; Samenträger wandständig; Samen klein, albuminos.

— Finden sich in allen Zonen, mit Ausnahme der arktischen, und besitzen eine scharfe Wirkung.

Hierher gehört nur Drosera rotundifolia Lin., der Sonnenthau, früher officinell als Herba Rorella s. Rorae solis.

Violaceae De Cand.

§. 139. Kräuter und Sträucher mit meist zerstreuten, einfachen, mit Nebenblättern versehenen Blättern; Kelchblätter fünf, bleibend; Kronblätter in gleicher Anzahl, oft ungleich, das unpaarige gewöhnlich gespornt; Staubgefässe fünf, mit den Blumenblättern abwechselnd, mit an der Spitze membranös verlängerten, verbreiterten und nach Innen gewendeten Antheren; Fruchtknoten frei, einfächerig; Eichen gegenläufig, zahlreich, an drei wandständigen Placenten befestigt; Griffel einer, bleibend, Frucht eine einfächerige, dreiklappige Kapsel; Samen zahlreich, mit geradem, in der Achse des Eiweisses liegenden Embryo. Vorkommen: In Europa, Nordasien und Nordamerika meist solche mit unregelmässigen Blüthen, solche mit regelmässigen in Afrika, Südamerika. Eigenschaften: Die Blüthen sind sehr wohlriechend, die Wurzeln enthalten brechenerregende Stoffe, welche nicht näher bekannt, vielleicht dem Emetin verwandt sind.

Viola Lin., Veilchen; Kelchblätter am Grunde mit einem

Fig. 393.

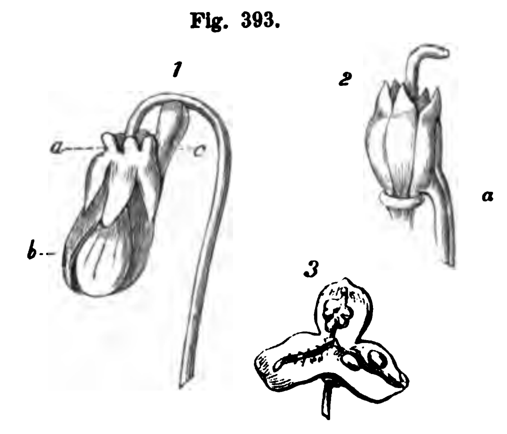


Fig. 393. Nr. 1. Blüthe von Viola. a Anhängsel der Kelchblätter, b Blumenkrone, c Sporen. 2. Staubgefässe mit Fruchtknoten und Griffel, a die beiden gespornten Antheren. 3. Die aufgesprungene Kapsel mit wandständigen Samenträgern.

lappigen Anhängsel versehen; Blumenkrone lippig, das unpaarige, durch Drehung nach unten gerichtete, in

einen hohlen Sporn ausgehend; Staubgefässe fünf, die beiden nach unten gerichteten gespornt, und die Sporne in den Sporn des Kronblattes hereinragend. Griffel an dem oberen Ende hakig gekrümmt.

V. odorata Lin., wohlriechendes V., stengellos, Ausläufer treibend; Blätter rundlich, herzförmig, gekerbt, weichbehaart, Nebenblätter kahl, drüsig gewimpert, Kelchblätter länglich, stumpf; Kapsel kugelig, kurz behaart. — Officinell sind die Blüthen, Flores Violarum, welche frisch zur Bereitung des Syrupus Violarum dienen, enthalten das Violin Boullay's, dem Emetin angeblich verwandt, blauen, rothen und gelben Farbstoff etc.

V. suavis M. B., ist ähnlich, jedoch an der Spitze der Nebenblätter und deren Franzen weichhaarig gewimpert.

V. palustris L., unterscheidet sich durch nierenförmige Blätter und blassere, dunkel geaderte, geruchlose Blüthen.

V. hirta L., hat keine Ausläufer, blass violette Blüthen ohne Geruch, ausgerandete Kronblätter und gefranzte Nebenblätter.

V. canina L., besitzt helle, geruchlose Blüthen, spitze Kelchblätter und beblätterten Stengel.

V. tricolor L., Stiefmütterchen; Stengel kantig, aufsteigend; Blätter länglich, sägezähnig gekerbt; Nebenblätter gross, leierförmig, fiedertheilig; Narbe urnenförmig, genabelt. Kapsel kahl. — Auf Aeckern. — Officinell ist das blühende Kraut, Herba V. tricoloris s. Jaceae, Freisamkraut.

Jonidium Vent., Brechviole, unterscheidet sich durch den Mangel der Anhängsel an den Kelchblättern, ungesporntes unpaariges Kronblatt, sowie durch die ungespornten Antheren. — Von der brasilianischen Species J. Ipecacuanha St. Hil. stammt die Radix Ipecacuanhae albae, welche jedoch bei uns nicht officinell ist.

Anmerkung. Diese Familie bildet mit den Cystineen, Droseraceen etc. die Endlicher'sche Klasse der Parietales, so benannt nach der Anheftung der Eichen; von den beiden genannten Familien unterscheidet man die Violaceen leicht, von den Cystineen schon durch die Anzahl der Staubfäden, sowie dadurch, dass der Kelch bei letzteren in der Knospe links, die Blumenkrone rechts gedreht ist; bei den Droseraceen sind die Staubgefässe nach aussen gedreht etc.

Caryophylleae Juss.

§. 140. Kräuter, seltener Halbsträucher, mit knotig gegliederten Stengeln; Blätter gegenständig, meist ganzrandig und sitzend, selten mit Nebenblättern versehen; Kelch vier- bis fünfblätterig oder am Grunde verwachsen, bleibend, in der Knospe geschindelt; Kronblätter so viele als Kelchblätter, gewöhnlich lang genagelt (Fig. 259 u. 270), zugleich mit den Staubblättern einem ring- oder stielförmigen Griffelträger eingefügt, in der Knospenlage gedreht. Staubgefässe in doppelter, selten in

gleicher Anzahl der Kronblätter, die inneren dem Grunde der letzteren angewachsen, die äusseren damit wechselnd; Fruchtknoten gestielt, meist einfächerig, vieleiig; Eichen krummläufig, seltener halbgegenläufig; Griffel zwei bis fünf, frei; Kapsel meist eine mehrklappige Kapsel, seltener eine Beere; Samen eiweisshaltig, mit einem centralen, gewöhnlich freien, Samenträger (Fig. 394); Embryo meist um das mehlige Eiweiss gekrümmt. Vorkommen: In gemässigten und kalten Klimaten. Eigenschaften: Ziemlich indifferent; nur das sehr verbreitete Glycosid Saponin scheint einigermaassen scharfe Wirkung zu besitzen.

Man theilt diese Familie in mehrere Unterfamilien, wovon uns nur zwei specieller interessiren:

a) Alsineae. — Kelch freiblätterig, Kronblätter kaum genagelt; Frucht sitzend. Hierher gehören mehrere lästige Unkräuter, wie Alsine media Lin., Spergula arvensis L. etc., aber keine officinellen Pflanzen.

b) Sileneae. Kelch röhrig verwachsen; Kronblätter genagelt, mit einer Kranzschuppe (Coronula) über dem Nagel versehen; Fruchtknoten gestielt. Hierher gehören:

Saponaria L., Seifenkraut; Kelch fünfzähnig, bauchig, ohne Deckblätter; Griffel zwei; Kapsel einfächerig, vierzähnig aufspringend; Samen nierenförmig.

Fig. 394.

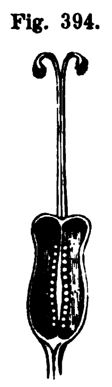


Fig. 394. Fruchtknoten von Saponaria im Längsschnitt.

S. officinalis L., Gemeines Seifenkraut. Wurzel mehrköpfig, kriechend, mit zahlreichen Ausläufern; Stengel aufrecht, kahl; Blätter länglich, lanzettlich, dreinervig, spitz; Blüthen büschelig-trugdoldig; Kronblätter mit zwei spitzen, weichen Kranzschuppen. — An Wegen und Hecken; officinell sind die Ausläufer als Radix Saponariae.

Lychnis L., Lichtnelke, unterscheidet sich durch den zottigen, verästelten Stengel, geaderte Blätter und fünf Griffel; alles Uebrige wie bei Saponaria.

Agrostemma ist rauhhaarig und hat dornspitzige, stehende Kranzschuppen, sowie fast dreieckige, schwarze Samen; A. Githago L., die Kornrade, findet sich unter dem Getreide, welches durch Beimengung dieser Samen schädliche Eigenschaften annimmt.

Dianthus L., Nelke, unterscheidet sich durch den trockenhäutigen, mit Bracteen umgebenen Kelch, schildförmige Samen und den rückenständigen Embryo; man zieht viele Spielarten von Dianthus als Zierpflanzen in unseren Gärten.

Malvaceae, Kunth.

§. 141. Bäume, Sträucher oder krautartige Pflanzen mit einfachen zerstreuten Blättern und mit Nebenblättern versehen;

Kelch verwachsenblätterig, in der Knospe klappig, oft von einem Kreise von drei, fünf oder mehr Bracteen (Aussenkelch) umgeben; Kronblätter unterständig, in der Knospe gedreht, an ihrer Oberfläche mit der Staubfädenröhre zusammenfliessend, unterseits frei; Staubgefässe zahlreich, monodelphisch (Fig. 283), am Grunde mit der oberen Fläche der Kronblätter zusammenhängend; Antheren einfächerig, nierenförmig, mit einer Querspalte aufspringend; Fruchtknoten oberständig, mehrfächerig; Griffel am Grunde verwachsen, Narben einfach. Frucht eine drei- bis fünffächerige oder mehrklappige Kapsel, fachspaltig oder fünf- bis vielknöpfig, aus einsamigen, um eine centrale Säule befestigten, bei der Reife sich trennenden, entweder an der Bauch- oder Rückennaht aufspringenden Carpellen bestehend; Samen nierenförmig, Embryo mit ineinander gefalteten Cotyledonen innerhalb des dünnen Eiweisses oder letzteres fehlend. Vorkommen: Namentlich in den Tropengegenden, gegen die gemässigte Zone abnehmend. Eigenschaften: Reich an schleimigen Bestandtheilen, aussen weichhaarig, meist mit Sternhaaren versehen, ausgezeichnet durch sehr festen, zu Gespinnsten und Flechtwerk geeigneten Bast. Von officinellen und sonst wichtigen Pflanzen gehören hierher:

Malva L., Käsepappel. Kelch 5spaltig, mit 3blätterigem Aussenkelch; Fruchtknoten vielfächerig, kreisförmig, von oben zusammengedrückt; Griffel so viele als Fächer, am Grunde verwachsen; Theilfrüchtchen einsamig, nicht aufspringend.

M. silvestris L., Grosse Malve, charakterisirt durch herzför-

Fig. 395.

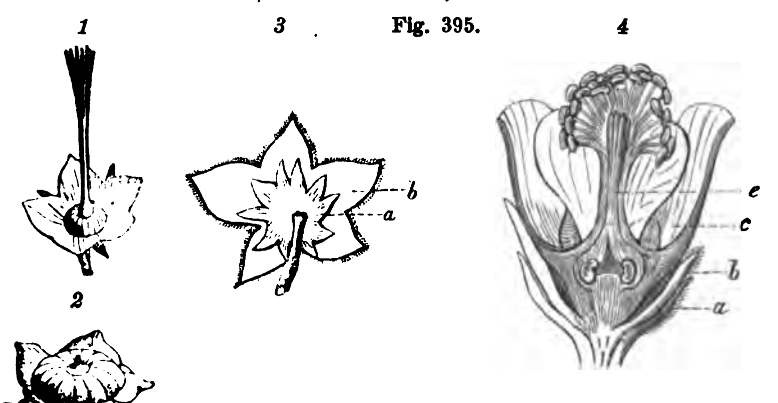


Fig. 395. 1) Kelch von Malva silvestris mit Aussenkelch und Pistill nach Beseitigung der Blumenkrone, 2) Frucht, 3) Kelch mit Aussenkelch von unten gesehen. 4) Längsschnitt durch die Blüthe von Althea rosea. a Aussenkelch, b Kelch, c Blumenkrone, e Griffel (in der Staubgefässröhre).

mig rundliche Blätter mit fünf bis sieben langen, spitzen Lappen, liefert die Flores Malvae silvestris;
M. neglecta Wallr., mit stumpf gelappten Blättern, die Herba Malvae.

Althea L., Eibisch, ist von Malva nur durch den 6—10theiligen Aussenkelch verschieden.

A. officinalis L., Gemeines Eibischkraut; Stengel filzig, ebenso die mit spitzen Lappen versehenen Blätter; die unteren sind fünf-, die mittleren dreilappig, die oberen ganz. — Auf feuchten Stellen in Mittel- und Südeuropa, bei uns meist nur kultivirt; liefert die Folia und Radix Altheae, letztere enthält Schleim, Asparagin, Amylum etc.
A. rosea Cav., Stock- oder Malvenrose, unterscheidet sich durch den rauhhaarigen Stengel und die Blätter, welche runzlich, stumpfgelappt sind; Kronblätter am kurzen Nagel zottig. — Bei uns kultivirt in verschieden gefärbten Varietäten, von welchen die dunkelrothe die Flores Malvae arboreae liefert.

Gossypium L., Baumwollenstaude. Kelch glockenförmig, stumpf fünfzähnig, Aussenkelch becherförmig, gross, 3blätterig; Kapsel 3—5fächerig mit eben so vielen Klappen sich öffnend; Samen mit langen, dichten, weissen oder gelblichen Samenhaaren — der bekannten Baumwolle — umgeben.

Von kultivirten Arten sind zu nennen: G. herbaceum L. und arboreum L., beide aus dem tropischen Afrika und Asien stammend; erstere liefert meist die in Europa erzeugte Baumwolle, letztere die indische; G. hirsutum L. liefert die „Upland oder courtesoie"-Baumwolle in Nordamerika, wird ferner noch in Westindien, auf Reunion, in Westafrika, Ostindien etc. kultivirt; G. barbadense L. liefert die vorzügliche Sea-Island oder longue soie-B. in Nordamerika (Georgien etc.) und ist auch in Ostindien, Neuholland etc. angebaut. — G. religiosum L. wird in Centralamerika, wo die Spezies einheimisch ist, kultivirt, ferner in Brasilien, Aegypten, Spanien, Ostindien etc. und giebt, wie auch G. sandvicense Parl. von den Sandwichinseln, eine gelbe Baumwolle.
Die Kultur der Baumwolle reicht in der nördlichen Hemisphäre bis zum 40°, in der südlichen bis zum 28° und die Hauptgebiete für dieselbe sind: Ostindien, die Südstaaten von Nordamerika, Aegypten, Brasilien etc.

Anmerkung. Die Malvaceen bilden im Endlicher'schen System mit den exotischen Familien Sterculiaceen, Büttneriaceen und den Tiliaceen die Klasse der Columniferen; dieselben stimmen überein durch die Aestivatio valvata des Kelchs und den Bau im Allgemeinen.

Die Sterculiaceen unterscheiden sich durch zweifächerige Antheren; die zu diesen gehörige Tribus der Bombacineen hat zwar theilweise einfächerige Antheren, aber eine meist fünfklappige Kapsel; die Familie der Büttneriaceen hat zweifächerige Antheren, aber auch theilweise sterile Staubgefässe und eine vielsamige, nicht aufspringende Kapsel. Die Tiliaceae siehe §. 141.

Zur ersteren Familie, welche mit den Bombacineen den Tropengegenden angehört, zählt das Genus Sterculia, und zwar die eine Art ostindischen Traganths liefernde St. urens Roxb. Zu dem Tribus der Bombacineae: Adansonia digitata L., der Affenbrotbaum von tropisch Afrika, dessen Rinde als ein Chinasurrogat empfohlen wurde, und die verschiedenen Bombax-Arten Ostindiens und Südamerikas, wie B. pentandrum Jacq., B. malabaricum De C., B. Ceiba etc., deren Samenhaare, im Handel unter dem Namen „Kapok" bekannt, die Seidenbaumwolle darstellen.

Zur Familie der Büttneriaceen gehört das Genus Theobroma L., der Cacaobaum, welcher in verschiedenen Spezies (Th. Cacao L., bicolor H. und Bonpl., guianense Willd. etc.) in Mexico, Central- und Südamerika die unter der Benennung Cacao bekannten, Theobromin und Fett-haltigen Samen liefert, aus welchen die Chocolade hergestellt wird.

Tiliaceae Kunth.

§. 141. Bäume und Sträucher, seltener Kräuter mit abwechselnden, gewöhnlich vor Beendigung der Vegetationsperiode abfallenden Nebenblättern (stipulis caducis); Kelchblätter meist 5, seltener 4, in der Knospe klappig; Kronblätter unter sich gleich, eben so viele als Kelchblätter; Staubgefässe zahlreich, frei, selten am Grunde verwachsen, oft einem Discus eingefügt; Antheren 2fächerig; Fruchtknoten 2—5fächerig, mit einem Griffel, letzterer selten fehlend. Frucht eine Kapsel oder Beere; Samen eiweisshaltig; Embryo gerade, achsenständig mit blattartigen Cotyledonen (Unterschied von den Malvaceen: die freien Staubgefässe und 2fächerigen Antheren). Vorkommen: Meist in den Tropen, nur wenige in der gemässigten Zone beider Hemisphären. Eigenschaften: Aehnlich jener der Malvaceen.

Tilia L., Linde. Kelch- und Kronblätter 5; Blüthenstiele bis zu ihrer Mitte mit einer grossen, grünlichen oder gelblichweissen, netzaderigen Bractee verwachsen; Fruchtknoten 5fächerig mit je 2 Eichen in jedem Fach; Frucht durch Fehlschlagen ein einfächeriges, ein- bis zweisamiges Nüsschen.

T. parvifolia Ehrh., Steinlinde, hat kahle, nur unterseits graugrüne, ungleich herzförmige Blätter und 3—7blüthige Scheindolden.

T. grandifolia Ehrh., Holländische Linde, hat schief herzförmige, auf beiden Seiten grüne, unterseits zottig weichhaarige Blätter und nur 2—3blüthige Scheindolden. Beide liefern die Flores Tiliae.

Die Familie der Dipterocarpeae-Blume; ausgezeichnet durch die von dem erweiterten Kelche umschlossene, dadurch geflügelte, einsamige, einfächerige Frucht. Umfasst von offizinellen Pflanzen: Dipterocarpus turbinatus Roxb. und andere ostindische Spezies, welche den dem Copaiva-Balsam ähnlichen Gurjun-Balsam oder das Woodoil der Engländer liefern; von Vateria indica Lin. stammt ein copalartiges Harz und ein festes Fett, Pinwy Talloe genannt, welches in Ostindien verwendet wird; von Dryobalanops Camphora Colebr. auf Borneo und Sumatra kommt der Borneo-Kampfer und Shorea robusta Roxb. im nördlichen Indien liefert viel Harz, Dhoona- oder Ral-Harz genannt, ähnlich der Terebinthina cocta.

Zur Familie der Ternstromiaceae Mirbel, welche sich durch geschindelte Knospenlage, ein- oder mehrbrüderig verwachsene Staubgefässe, dreiklappige, 3fächerige Kapsel etc. characterisirt, gehört das Genus Thea mit den Spezies Th. viridis L., Th. Bohea L. und Th. stricta Hayne, welche in China und Japan einheimisch und dort kultivirt die verschiedenen Handelssorten des chinesischen Thees liefern; letzterer enthält: Aetherisches Oel, Theïn, Gerbsäure etc.

Aus der Familie der Clusiaceae Lindl. (Guttiferae Juss.), welche sich von den Ternstromiaceen hauptsächlich durch die gegenständigen Blätter und die 2—4zähligen Blüthen unterscheidet, sind als offizinell zu nennen: Garcinia Morella, Var. pedicellata Desr., eine Pflanze Siam's und auch auf Singapore kultivirt, von welcher die Gummiresina Gutti stammt; Callophyllum Inophyllum L. und C. Tacamahaca Willd., ersterer Baum im südlichen Ostindien, letzterer auf Madagascar, liefern Resina Tacamahaca.

Hypericineae Juss.

§. 142. Kräuter, Sträucher und Bäume mit gegenständigen, durchscheinend punktirten, einfachen Blättern ohne Nebenblätter; Kelch und Blumenkrone 4—5blätterig, ersterer bleibend, in der Knospe geschindelt, letztere in der Knospe gedreht; Staubgefässe monadelphisch oder häufiger in 3 bis 5 Bündel verwachsen (Fig. 285); Antheren klein, beweglich (versatilis, nämlich nur an der Spitze des Filaments angewachsen); Fruchtknoten 3—5fächerig mit 5 getrennten Griffeln; Frucht eine 1—5fächerige, klappig aufspringende Kapsel; Samen zahlreich, eiweisslos. — Vorkommen: In der gemässigten Zone krautartig, in der heissen baumartig. Eigenschaften: Enthalten gefärbte, oft purgirend wirkende Milchsäfte. Hierher gehört:

Hypericum L., Johanniskraut, Hartheu; Kelch und Blumenkrone 5zählig; Staubgefässe zahlreich büschelig; Griffel 3, seltener 1—6; Frucht eine häutige, scheidewandspaltige Kapsel mit sehr kleinen Samen.

H. perforatum L., hat einen zweischneidigen Stengel und spitze lanzettliche Kelchblätter.
H. quadrangulum L., Stengel viereckig, Kelchblätter stumpf, elliptisch.
H. tetrapterum Fries.; Stengel vierkantig geflügelt, Kelchblätter zugespitzt, lanzettlich.
Sämmtliche Arten bei uns auf Wiesen, an Rainen; erstere Spezies liefert in dem blühenden Kraute die Herba Hyperici.
Einige südamerikanische Vismia-Arten sollen eine Art Gummigutt liefern.

Anmerkung. Diese Familie bildet mit den Clusiaceen, Ternstromiaceen, Dipterocarpeen etc. die Endlicher'sche Klasse der Guttiferen, welche, den Columniferen desselben Autors nahe verwandt, sich durch die Aestivatio mibricata des Kelchs und die A. contorta der Blumenkrone, sowie durch die meist mehrbrüderig verwachsenen Staubgefässe von den letzteren unterscheiden.

Hippocastaneae De Cand.

§. 143. Bäume oder Sträucher mit gegenständigen, gefingerten Blättern ohne Nebenblätter; Blüthen rispig, polygamisch; Kelch 4—5spaltig, hinfällig; Kronblätter 4—5, ungleich, unterhalb einer hypogynen Scheibe inserirt; Staubgefässe 7—8, frei, ungleich; Fruchtknoten 3fächerig, 2eiig, das eine Eichen aufrecht, das andere hängend; Griffel 1, mit einfacher Narbe; Frucht eine 1—3fächerige, 1—3samige, fachspaltig mit 2—3 Klappen sich öffnende Kapsel; Samen gross, eiweisslos, mit grossem Nabel und gekrümmtem Embryo. Vorkommen: Mit Ausnahme der Rosskastanie der gemässigten Zone Nordamerikas angehörend. Eigenschaften: Bitter, adstringirend, in der Rinde findet sich der eigenthümliche Schillerstoff — Aesculin (Glycosid).

Aesculus L., Rosskastanie; Kelch glockenförmig; Kronblätter abstehend; Staubgefässe niedergebogen, aufsteigend; Kapselfrucht igelstachelig.

A. Hippocastanum L., Gemeine R., hat fünf- bis siebenzählige Blätter mit verkehrt keilförmigen, gespitzten, gesägten Blättchen. — Die Rinde ist die officinelle Cortex Hippocastani.

Die Familie der Sapindaceae Juss. unterscheidet sich von der vorigen durch abwechselnd stehende, oft mit paarigen Nebenblättern versehene Blätter und die anatropen Eichen; dazu gehört Paullinia sorbilis Mort., ein Baum Brasiliens, dessen Samen die Pasta Guarana liefern; Schleichera trijuga

Willd. in Ostindien soll den besten Gummilack liefern etc. — Von der gleichfalls nahe verwandten Familie der Erythroxyleen ist der peruanische Strauch E. Coca Lam. zu erwähnen, dessen Blätter als Kaumittel dienen und die beiden Alkaloide Cocain und Hygrin enthalten.

Acerineae De Cand.

§. 144. Bäume mit gegenständigen Blättern ohne Nebenblätter; Blüthen unregelmässig, polygamisch (Fig. 242) oder dioecisch in Trauben oder Trugdolden; Kelch frei, vier bis fünftheilig, gefärbt; Kronblätter vier bis sechs, unterhalb eines fleischigen Discus inserirt; Staubgefässe acht bis zwölf, auf dem fleischigen Discus befestigt; Fruchtknoten von der Seite her zusammengedrückt, zweifächerig, zweieiig; Griffel einer mit zwei Narben; Frucht geflügelt, bei der Reife in die einsamigen Fächer sich trennend (Fig. 338); Samen eiweisslos; Embryo gekrümmt mit gefalteten Cotyledonen. Vorkommen: In der gemässigten Zone der alten und neuen Welt, meist starke Waldbäume mit gutem Nutzholz. Eigenschaften: Adstringirend; der durch Anbohren gewisser Arten in Nordamerika gewonnene Saft liefert Zucker.

Acer L., Ahorn. Blüthen polygamisch.

A. campestre L., Massholder; Rinde korkartig, rissig; Blätter in fünf zugespitzte, ganzrandige Lappen getheilt.

A. platanoides L., Milchahorn; Rinde weisslich grau, Blätter fünflappig, herzförmig, buchtig gezähnt.

A. pseudoplatanus L., Falsche Platane; Rinde glatt, graubraun; Blätter in drei grosse und zwei kleine Lappen gespalten, am Grunde herzförmig; stumpf gezähnt. — Sämmtlich bei uns in Wäldern und Anlagen.

Die amerikanischen Spezies A. Negundo L., A. saccharinum L., A. dasycarpum Willd. u. A. liefern in den Nordstaaten den Ahornzucker.,

Anmerkung. Die Acerineae bilden mit den Erythroxyleen und Hippocastaneen die Endlicher'sche Klasse der Acera.

Polygaleae Juss.

§. 145. Kräuter und Sträucher mit zerstreuten einfachen Blättern ohne Nebenblätter; Blüthen meist in Trauben, von drei Deckblättern gestützt; Kelch fünfblätterig, in der Knospe gewöhnlich geschindelt; oft die zwei innersten Blätter grösser, blumenblattartig (Alae), bleibend, die drei übrigen krautartig; Krone unregelmässig, zweilippig, oben der Länge nach gespalten, die drei

oberen Blätter nach unten, die zwei unteren nach oben gewendet; Staubgefässe am Grunde monadelphisch, nach oben in zwei einander gegenüber stehende Bündel getheilt, deren jedes vier einfächerige, an der Spitze mit einer Pore sich öffnende Antheren trägt; Fruchtknoten zweifächerig mit einzelnen, hängenden, gegenläufigen Eichen; Frucht eine ein- oder zweifächerige Kapsel, fachspaltig, zweiklappig aufspringend; Samen eiweisshaltig, meist mit einem Nabelwulst versehen; Embryo gerade, mit nach dem Nabel gewendeten Würzelchen. Vorkommen: In gemässigten und kalten Regionen beider Hemisphären. Eigenschaften: Bitter tonisch.

Fig. 396.

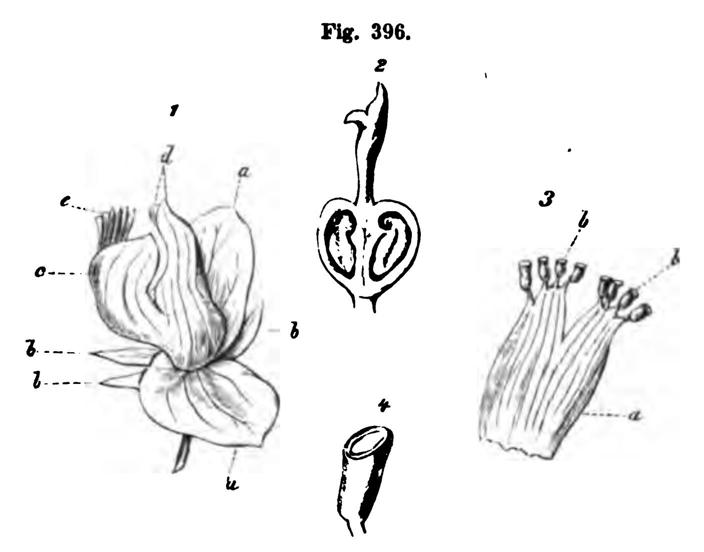


Fig. 396. 1) Blüthe von Polygala. a Kelchflügel, b krautartige Kelchblätter, c untere, d obere Lippe, d Kamm der Unterlippe. 2) Staubgefässe; b die beiden Bündel mit den einfächerigen Antheren. 3) Fruchtknoten im Längsschnitt. 4) Anthere, vergrössert.

Polygala L., Kreuzblume. Kelch bleibend, die zwei inneren kronblattartigen Blätter grösser, später die reife Frucht einschliessend; Blumenkrone lippig, die Oberlippe der Länge nach gespalten, die untere durch Verwachsung aus drei Blättern entstanden, von welchen das mittlere durch einen Schopf angedeutet ist, während die beiden seitlichen kappenförmig die Staubgefässe bergen; Narbe zweilippig; Frucht eine zusammengedrückte Kapsel.

P. amara L. (P. amarella Crantz.); sehr variabel; grundständige, grössere Blätter verkehrt eirund, zu einer Rosette angeordnet; Stengelblätter zerstreut, lanzettlich; Kelchflügel dreinervig,

nur die seitlichen Nerven wenig verästelt. — Auf trocknen, sonnigen Stellen und nur dort ein bitter schmeckendes Kraut, Herba Polygalae amarae cum radice, liefernd, welches den Bitterstoff Polygamarin enthält.

P. vulgaris L., hat nur zerstreut stehende, nicht am Grunde rosettenartig angeordnete Blätter und schmeckt nicht bitter.

P. Senega L., Senega- oder Klapperschlangenwurzel, liefert in Virginien, Pennsylvanien etc. die officinelle Radix Senegae, welche Saponin (Senegin, Polygalasäure etc.) enthält.

Anmerkung. Die früher mit den Polygaleen vereinigte Familie der Krameraceen unterscheidet sich durch die vier- bis sechszählige Blüthe mit freien Kelch- und Kronblättern, drei freie Staubgefässe und die nicht aufspringende holzig-lederartige, einsamige Frucht. — Hierher gehören die im südlichen Amerika einheimischen Krameria-Arten, welche die verschiedenen Arten der Ratanha-Wurzel liefern, wie K. triandra R. und Pav. in Peru unsere officinelle peruanische oder Payta-Ratanha; K. Ixina var. granatensis Triana, in Neugranada die Granada- oder Savanilla-R., K. secundiflora De Cand. die Texas-R. etc.; diese Wurzeln enthalten die Ratanhagerbsäure, Ratanharoth, Ratanhin (Ruge) etc.

Aurantiaceae Juss.

§. 146. Bäume und Sträucher, welche an den nicht holzigen Theilen mit eingesenkten Oeldrüsen versehen sind; Blätter abwechselnd, meist zusammengesetzt (mit dem Blattstiel gegliedert und geflügelt) ohne Nebenblätter, oft mit achselständigen Dornen; Kelch glocken- oder krugförmig, fünf- oder dreizähnig, abwelkend; Kronblätter so viele als Kelchzähne, mit diesen wechselnd; Staubgefässe so viele als Kronblätter oder in doppelter Anzahl, mit den Kronblättern unterhalb eines fleischigen Discus befestigt (Fig. 238), frei oder mehrbrüderig (Fig. 286); Fruchtknoten vielfächerig, Griffel einfach, mit kopfförmiger Narbe (Fig. 238); Frucht eine Beere, trocken oder saftig, ein- oder vielfächerig (Fig. 397), mit meist ein-, seltener vielsamigen Fächern; Samen eiweisslos, an den Winkeln der Fächer; Embryo gerade. Vorkommen: Asien, namentlich Ostindien, Nordafrika, in Europa theilweise im Süden kultivirt. Eigenschaften: Enthalten viel ätherisches Oel, im Fruchtsafte Pflanzensäuren, Zucker, theilweise bittere Stoffe etc.

Fig. 397.

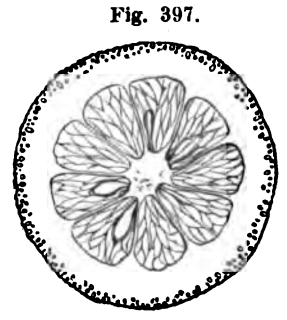


Fig. 397. Querschnitt durch die Frucht einer Citrus-Spezies.

Citrus L., Citrone; Kelch fünfzähnig; Kronblätter meist fünf, Staubgefässe polyadelphisch, Frucht eine 7—12fächerige Beere, mit ein- oder mehrsamigen, mit Mus gefüllten Fächern.

C. medica Lin., Blattstiele kaum geflügelt; Früchte oben und unten konisch, warzig gebuckelt. Man unterscheidet mehrere in Südeuropa kultivirte Varietäten wie: C. medica; var. Limonum Risso, unsere Citrone, mit saurem Saft, enthaltend Citronensäure, im Pericarp der Frucht ätherisches Oel, Oleum Citri; C. medica var. Limetta Risso, die Limette, mit süssem Saft, die Schale liefert Oleum Bergamottae etc., C. medica, var. Cedro Riss. liefert in ihrer Schale Citronat etc.

C. Aurantium L. (vulgaris Risso), Pomeranze; Blattstiele geflügelt; Früchte fast kugelig, nicht gebuckelt. — Nordafrika und Südeuropa. — Man unterscheidet mehrere Varietäten: a) C. A., var. amara, Pomeranze, mit bitterem Saft, sehr aromatischer Fruchtschale, welche das Oleum Aurantiorum aethereum liefert; ferner die unreifen Früchte, Poma immatura, die Blätter, Folia, und Fruchtrinde. C. A., var. dulcis, Orange oder süsse Pomeranze, mit süssem Saft.

Die Apfelsine kommt von C. sinensis Pers. und ist wie die vorhergenannten aus Asien nach Europa eingeführt worden.

Lineae De Cand.

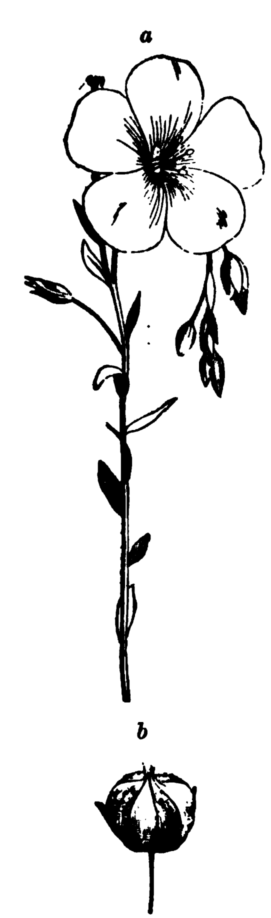
§. 147. Kräuter und Halbsträucher mit zerstreuten oder gegenständigen Blättern oder Nebenblättern; Kelch vier- bis fünfblätterig, bleibend, in der Knospe geschindelt; Blumenkrone vier- bis fünfblätterig, in der Knospe gedreht; Staubgefässe doppelt so viele als Kronblätter, jedoch die den Kronblättern gegenüber stehenden steril, die fruchtbaren mit diesen abwechselnd, am Grunde sämmtlich zu einer Röhre verwachsen; Fruchtknoten fünf- oder vierfächerig, jedes Fach durch einen sterilen Samenträger unvollständig zweifächerig; Griffel fünf oder vier; Eichen zu zweien durch den sterilen Samenträger getrennt, gegenläufig, hängend. Samen zusammengedrückt mit spärlichem Eiweiss; Embryo gerade, Würzelchen nach oben gerichtet. — Vorkommen: Am häufigsten in Europa und Nordafrika, überhaupt sehr verbreitet. — Eigenschaften: Schleimig, die Samen ölreich, der Bast der Stengel sehr stark.

Linum L., Lein, Flachs. — Blüthe bis auf die Griffel, von welchen oft nur drei vorhanden sind, fünfzählig.

N. usitatissimum L., Gemeiner Flachs, Lein. — Stengel aufrecht, einfach, kahl; Blätter zerstreut. — Im Orient und in Südeuropa wild, bei uns kultivirt. Der Samen liefert Oleum Lini, die Testa desselben Schleim, der Rückstand von der Oelbereitung Farina Lini.

L. catharticum L., Purgirlein, unterscheidet sich durch den gabelig verästelten Stengel und die gegenständigen Blätter. Durch ganz Europa an Rainen und auf Wiesen. Enthält das purgirend wirkende, weisse, krystallinische Linin und scharfes Harz.

Fig. 398.



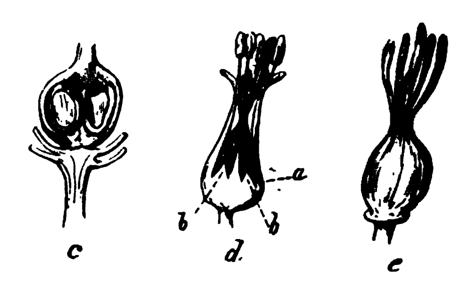


Fig. 398. a Linum usitatissimum, b Frucht, c Fruchtknoten im Längsschnitt, d Geschlechtsorgane; a fruchtbare, b sterile Staubgefässe, e Fruchtknoten mit Griffeln.

Oxalideae De Cand.

§. 148. Meist Kräuter und Halbsträucher mit zerstreuten, zusammengesetzten, nebenblattlosen, häufig irritabeln Blättern; Blüthen regelmässig; Kelchblätter fünf, am Grunde verwachsen, bleibend, in der Knospe geschindelt; Kronblätter fünf, zuweilen am Grunde zusammenhängend, in der Knospe gedreht; Staubgefässe zehn, öfter monadelphisch, die inneren länger, den Kronblättern gegenüber, die äusseren kürzeren damit wechselnd; Antheren zweifächerig, nach innen gewendet (Unterschied von Geraniaceen); Fruchtknoten frei, fünffächerig, mit mehreiigen Fächern; Frucht eine fünffächerige, fünfklappige, fachspaltig sich öffnende Kapsel, seltener geschlossen bleibend; Samen eiweisshaltig mit geradem Embryo in Mitte des Eiweisses. Vorkommen: In der gemässigten und heissen Zone, am reichlichsten in Amerika und am Kap. Eigenschaften: Wenig bekannt, bis auf den reichlichen Gehalt von Oxalsäure, meist in Verbindung mit Kali als saures Salz.

Oxalis L., Sauerklee; Kelch und Blumenkrone fünfzählig; Staubgefässe zehn, monadelphisch; Kapsel fünfkantig, an den Kanten aufspringend; Samen mit fleischiger Testa, welche sich elastisch zurückschlägt und die Samenkerne von sich schleudert.

O. Acetosella L., Gemeiner Sauerklee; stengellos; Blättchen gedreit; Schaft einblüthig, etwas über der Mitte mit zwei kleinen Bracteen versehen. — An schattigen, feuchten Stellen. — Lieferte früher die Herba Acetosellae und diente zur Darstellung des Oxaliums.

O. stricta L., unterscheidet sich durch den einzelnen, aufrechten Stengel und die wechselständigen Blätter. Zu erwähnen ist ferner: O. anthelminthica A. Braun, in Abessynien, deren Knollen ein Bandwurmmittel (Habadjago genannt) bilden, und O. crenata Jacq. in Columbien mit gleich den Kartoffeln geniessbaren Knollen, Arracacha genannt.

Geraniaceae. Juss.

§. 149. Kräuter und Sträucher mit knotigen Stengeln und zerstreuten oder gegenständigen, oft vielfach getheilten Blättern mit Nebenblättern; Kelch und Blumenkrone fünfblätterig, ersterer in der Knospe geschindelt, letztere gedreht; Staubblätter 10—15, am Grunde meist monadelphisch, die äusseren länger, mit den Kronblättern abwechselnd, oft die Hälfte steril. Fruchtknoten aus fünf Carpellen bestehend, mit ihren Griffeln einem centralen Säulchen angewachsen; jedes Carpell zweieiig mit hängenden, halbgegenläufigen Eichen; Frucht einsamig, jedes Carpell bei der Reife vom Fruchtträger sich lösend und durch den sich von unten zurückrollenden Griffel an der Spitze des Säulchens hängen bleibend (Fig. 399); Samen eiweisslos. Vorkom-

Fig. 399.



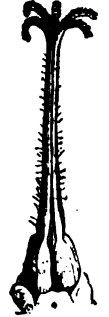




Fig. 399. Fruchtträger mit den Carpellen von Geranium vor und nach der Reife.

men: In der gemässigten Zone der nördlichen Hemisphäre; die Pelargonien am Kap, in Australien. Eigenschaften: Aethe-

risches Oel und aromatisch-harzige Stoffe, besonders bei letzteren.

Bemerkenswerthe Glieder sind:

Geranium L. Her., Storchschnabel; Staubgefässe zehn, die grösseren am Grunde mit einer Nectardrüse versehen.

Hierher gehört G. Robertianum L., der allenthalben bei uns vorkommende Wiesenstorchschnabel, früher officinell als Herba Rupperti s. Geranii Robertiani.

Pelargonium L., unterscheidet sich durch den gespornten obersten Kelchzipfel, welcher dem Blüthenstielchen angewachsen ist. —

P. Radula Act., liefert in Südfrankreich durch Destillation der blühenden Pflanze das französische, rechts drehende Oleum Palmae rosae der Droguisten.

P. roseum und odoratissimum Act., in Algier das billigere, links drehende Oleum P. rosei, welches mit dem Varizan als Verfälschung des ächten Rosenöls angeführt wird.

Anmerkung. Diese letztere Familie, welche sich von den Lineen, namentlich durch die Fruchtbildung unterscheidet, bildet mit diesen und den Oxalideen etc. die Endlicher'sche Klasse der Gruinales oder Storchschnäbel.

Zygophylleae. R. Brown.

§. 150. Diese den Rutaceen nahe verwandte Familie, aus Kräutern, Sträuchern und Bäumen bestehend, unterscheidet sich von ersteren durch gegenständige, nicht drüsig punktirte Blätter mit Nebenblättern; die Blüthen sind vier- bis fünfzählig, Staubgefässe meist doppelt so viele als Kronblätter; Carpelle mehr oder weniger verwachsen, mit ein- oder vieleiigen Fächern, am Grunde von Drüsen oder einem ringförmigen Discus umschlossen; Kapselfrucht meist vier- bis fünffächerig; Samen eiweisslos oder mit hornartigem Eiweiss. Vorkommen: Grossentheils in Amerika, Persien, Indien etc. Eigenschaften: Harzige Stoffe, Farbstoffe und sehr hartes, schweres Holz zeichnen diese Familie aus.

Officinell ist nur:

Guajacum Plum., Guajac-, Pockenholz-, Franzosenholzbaum; Kelch fünfblätterig, die zwei äusseren Blätter kleiner; Blumenkrone gleich, fünfblätterig; Kapsel zwei- bis fünffächerig mit ebenso vielen Kanten als Fächern, letztere einsamig.

G. officinale L., auf den westindischen Inseln, liefert in seinem Stammholz das Lignum Guajaci der Apotheken, das in seinen Spiroiden Harz, Resina Guajaci nativa, Guajacharz, abscheidet, welches besonders aus Guajacharzsäure, Guajaconsäure, Guajacinsäure und indifferentem Harz nebst Gummi etc. besteht.

G. sanctum L. in Westindien und Brasilien, liefert das von Drehern zu Kegelkugeln etc. verarbeitete eigentliche Lignum sanctum, obgleich auch das officinelle Guajacholz fälschlich so genannt wird.

Peganum Harmala L., die Harmelraute, im Orient und Südeuropa, liefert in ihren Samen, welche die beiden Farbstoffe Harmalin und Harmin enthalten, das Material zur Herstellung des ächten „Türkischroths".

Rutaceae. Adr. Juss.

§. 151. Kräuter, Halbsträucher und Sträucher mit zerstreuten, drüsig punktirten Blättern ohne Nebenblätter; Blüthen vier- bis fünfzählig, in Trauben oder Trugdolden; Kelch frei, bleibend; Blumenkrone einem kurzen Stempelträger eingefügt; Staubfäden zwei- bis dreimal so viel als Kronblätter; Fruchtknoten aus vier- bis fünf freien oder am Grunde verwachsenen Carpellen gebildet, einer kurzen Scheibe aufsitzend, zwei- bis mehreiig; Früchte an der Spitze und nach innen sich öffnend, innere und äussere Fruchthaut sich nicht trennend (Unterschied von Diosmeae); Samen nierenförmig, hängend, Embryo in der Achse des Eiweisses. Vorkommen: Südeuropa, Orient. Eigenschaften: Bitter, scharf, namentlich in frischem Zustande.

Officinell ist:

Ruta Tourn., Raute; Blüthe des Centrums der Trugdoldentraube fünf-, die seitenständigen vierzählig; Staubgefässe doppelt so viele als Kronblätter, bei der Befruchtung sich gegen die Narbe einkrümmend; Stempelträger mit so vielen Nectargrübchen versehen als Staubblätter vorhanden sind; Griffel mit vier- bis fünflappiger Narbe; Kapsel drei- bis fünffurchig.

R. graveolens L., Garten- oder Weinraute; Blätter fast dreifach fiederspaltig, die Lappen spatel- oder verkehrt eiförmig, abgerundet, nach vorne gekerbt. Im südlichen Europa wild, bei uns in Gärten; das Kraut bildet die Herba Rutae, welche ausser ätherischem Oele noch Rutinsäure, Gerbstoff etc. enthält.

Die verwandte Familie der Diosmeen unterscheidet sich hauptsächlich dadurch von der vorigen, dass sich bei der Reife

die innere Fruchthaut von der mittleren löst und die Kapseln zweiklappig aufspringen.

Zu derselben gehören: Dictamnus albus L. (D. Fraxinella Link. ist nur eine Varietät der ersten Art mit röthlichen Blüthen), liefert die obsolete Radix Dictamni; verschiedene Barosma- und Empleurum-Arten vom Kap, welche die Folia Bucco liefern und Galipea officinalis Hanc. in den Gebirgen Columbiens, von welcher die Cortex Angosturae abstammt.

Die Familie der Xanthoxyleen, welche fast in jeder Hinsicht mit jener der Rutaceen übereinstimmt, mit Ausnahme der polygamischen Blüthen und der öfter saftig werdenden Früchte, enthält blos eine hier zu erwähnende Pflanze, nämlich die ostindische Toddalia aculeata Pers., deren Wurzel die ächte Radix Lopez s. Lopeziana liefert.

Die Familie der Simarubeen unterscheidet sich von den Rutaceen namentlich durch die nicht aufspringenden Früchte und die eiweisslosen Samen. Zu derselben gehören:

Quassia amara L., der Quassienbaum von Surinam, mit zwitterigen Blüthen, deren lange Staubgefässe am Grunde mit einer zottigen Schuppe versehen sind; liefert das officinelle Lignum Quassia surinamense, welches den Bitterstoff Quassiin, aber keinen Gerbstoff enthält, während das Lignum Q. jamaicense von Picraena excelsa Planch. zwar auch den genannten Bitterstoff, aber zugleich Gerbstoff enthält.

Simaruba officinalis De C. in Guyana, mit monoecischen Blüthen, paarig gefiederten Blättchen und eiförmiger Steinfrucht, und S. medicinalis Endl. in Jamaika mit dioecischen Blüthen, unpaarig gefiederten Blättchen und länglicher Frucht, liefern beide in ihrer Wurzelrinde die Cortex Simarubae, welche neben Quassiin noch Gallus-, Aepfelsäure, etwas flüchtiges Oel, Harz etc. enthält. Auch Simaba Cedron Planch. in Columbien, welche die in Centralamerika so hoch geschätzten Cedron-Samen gegen Schlangenbisse liefert, gehört hierher.

Anmerkung. Diese letzteren Familien, von den Zygophyleen an, bilden einen Theil von Endlicher's Terebinthaceen, zugleich mit den Anacardiaceen, Burseraceen, welche wir unter den Calycifloren abhandeln werden, wie die auch noch hieher gezogenen Juglandeen bei den Monochlamydeen.

Ampelideae. Kunth.

(Sarmentaceae Vent., Viniferae Juss. u. De Cand.)

Klimmende Sträucher mit häufig zusammengesetzten Blättern mit Nebenblättern; Ranken (metamorphosirte Blüthenstiele) den

Blättern gegenüber stehend (Fig. 197); Blüthen zwitterig oder durch Fehlschlagen diclinisch, grünlich, klein; Kelch frei, vier- bis fünfzähnig, klein, bleibend; Kronblätter vier bis sechs, frei, mit klappiger Knospenlage; Staubgefässe so viele als Kronblätter, letztere gegenüber stehend; Fruchtknoten zweifächerig, mit je zwei aufsteigenden Eichen; Fruchtknoten durch Verwachsen von zwei Fruchtblättern gebildet, am Grunde von einer kleinen Scheibe gestützt, welche mit fünf vor den Kelchzähnen stehenden Drüsen, wahrscheinlich verkümmerten äusseren Staubgefässen, versehen ist; Frucht eine zwei- bis sechsfächerige, durch Abortus oft einfächerige Beere, ein- bis viersamig; Samen aufrecht mit steinharter Testa, Embryo im Grunde des hornigen Eiweisses. Vorkommen: Die einzige officinelle Ampelidee, der Weinstock, stammt von den Küsten des caspischen Meeres, nach Meyen auch aus Nordafrika.

Vitis L., Weinstock; Kelch fünfzähnig, Blumenkrone fünfblätterig, an der Spitze zusammenhängend und sich mützenartig vom Grunde ablösend (Fig. 272); Beere rund oder oval, ein- bis viersamig, bei der Varietät apyrena, welche die sogenannten Corinthen (Passulae minores) liefert, kernlos.

V. vinifera L., der Weinstock, wird in allen wärmeren Ländern Europas, auch in Amerika, Australien, am Kap etc. in zahlreichen Varietäten kultivirt und liefert Wein, die getrockneten Früchte, Passulae majores et minores, Weinstein etc.

---

2. Unterklasse. Calyciflorae.

Blüthen gewöhnlich aus Kelch und Blumenkrone bestehend; Kronblätter frei oder verwachsen, dem Kelche inserirt; Staubgefässe umständig (perigynisch) oder oberständig (epigynisch).

Rhamneae. De Cand.

§. 153. Bäume, Halbsträucher und Sträucher, oft bewehrt mit aus verkümmerten Endästen hervorgegangenen end- und achselständigen Dornen; Blätter meist zerstreut mit Nebenblättern; Blüthen klein, zwitterig oder durch Fehlschlagen diclinisch; Kelch vier- bis fünfspaltig, in der Knospe klappig, umschnitten abfallend; Kronblätter vier bis fünf, kleiner als die Kelchblätter, schuppen- oder kappenförmig, bisweilen fehlend; Staubgefässe vier bis fünf, den Kronblättern gegenüber; Fruchtknoten

frei oder mit dem Unterkelch verbunden, zwei- bis vierfächerig, mit einzelnen, aufrechten Eichen; Griffel einfach, mit zwei bis vier Narben; Frucht fleischig oder trocken, vom unterständigen kreisförmigen Diskus (Hypanthium) getragen, zwei- bis vierfächerig, zwei- bis viersamig; Samen eiweisshaltig mit geradem Embryo und unterständigem Würzelchen. — Vorkommen: Sehr verbreitet. Eigenschaften: Drastisch purgirend; reich an Farbstoff; bei einigen Arten finden sich zuckerreiche, geniessbare Früchte, die Fruchtstiele der Hovenia dulcis bilden in China ein beliebtes Obst.

Officinell sind:

Rhamnus Tourn., Kreuzdorn; Unterkelch (Hypanthium) glockig oder bauchig; Blüthen zwitterig oder dioecisch; Frucht mit ein bis vier pergamentartigen, gewöhnlich der Länge nach aufspringenden, einsamigen Fächern, deren jedes einen Steinkern einschliesst; Samen auf der inneren Seite tief gefurcht.

Rh. cathartica L., Kreuzbeerstrauch; Stamm aufrecht, Aeste gegenständig, sparrig, bewehrt; Blätter gegenständig, ungleich gesägt; Blüthen dioecisch, vierzählig, die männliche nach dem Stäuben abfallend; Frucht mit vier Steinkernen. — In Gebüschen und Laubwäldern. Die reifen Früchte sind die officinellen Kreuzbeeren, Baccae Rhamni s. Spinae cervinae, welche Rhamnin, Cathartin, Farbstoff, Zucker, Essigsäure etc. enthalten; die noch grünen, unreifen Früchte liefern das Saftgrün.

Rh. Frangula L., unterscheidet sich durch abwechselnde, unbewehrte Aeste, zerstreute, ganzrandige Blätter, zwitterige Blüthen und eine Frucht mit zwei bis drei Steinkernen. — In Wäldern; liefert die Cortex Rh. Frangulae, deren Bestandtheile nach Kubly ein Schwefel und Stickstoff enthaltender, also der Chatartinsäure nahestehender Stoff, Avornin (Glycosid), harzige Stoffe, Zucker, äpfelsaure Salze etc. sind; der wirksame Stoff wird auch Frangulin (Casselmann) und Rhamnoxanthin (Binswanger) genannt. Das Holz dieses Baumes ist von Schiesspulverfabriken zur Herstellung von Kohle gesucht.

Rh. infectoria L., in Südeuropa, mit kriechendem Stamm, liefert die französischen Gelbbeeren (Graines d'Avignon), während Rh. saxatilis L., Rh. amygdalina Desf., beide in Persien, die von dort kommenden Gelbbeeren liefern.

Von Rh. chlorophorus und utilis Desc. kommt der berühmte grüne Farbstoff „Lakao" aus China.

Ziziphus Tourn., Judendorn; unterscheidet sich von Rhamnus durch den flach ausgebreiteten Kelch und die kugelige, saftige Steinfrucht mit zweifächerigen, nicht aufspringenden Steinkernen, deren Samen nicht gefurcht sind.

Z. vulgaris Lam., der Brustbeerenbaum, aus dem Orient, Syrien, Südeuropa, liefert die grossen französischen; Z. Lotus Lam. in Südeuropa, die kleinen italienischen Brustbeeren, Jujubae.

Anacardiaceae Lindl.

(Terebinthaceae Juss., Cassuvieae Brown.)

§. 154. Bäume oder Sträucher mit zerstreuten, drüsenlosen, häufig zusammengesetzten Blättern ohne Nebenblätter; Blüthen meist diclinisch mit gewöhnlich bleibendem, drei- bis fünfspaltigem Kelch; Kronblätter so viele als Kelchzipfel, zuweilen fehlend, in der Knospenlage geschindelt; Staubgefässe perigynisch, so viele, seltener doppelt so viele, als Kronblätter; Fruchtknoten einfächerig, eineiig, zuweilen über einer hypogynen Scheibe, seltener fünf bis sechs Carpellen, von welchen dann vier bis fünf fehlschlagen; Griffel ein bis fünf, oder fehlend; Frucht nicht aufspringend, meist eine Steinfrucht; Samen eiweisslos, hängend, mit dicken Cotylen (Anacardieae) oder ebenso an einem langen Nabelstrang befestigt, mit blattartigen Cotylen (Sumachinae). Vorkommen: Meist in den Tropengegenden. — Eigenschaften: Scharfe, reizende, selbst giftige Säfte; die Samen theilweise mild ölig, geniessbar, bei Anacardium occidentale Herm. wird der sehr stark verdickte Fruchtstiel fleischig und in Südamerika und Westindien als Obst genossen.

Officinell sind:

Semecarpus L., mit fünfzähliger, dioecischer Blüthe; die Frucht ist eine fast herzförmige, von dem fleischig verdickten Blüthenboden (Discus hypogynus) getragene Nuss.

S. Anacardium Lin. fil., die ostindische Herzfrucht, Acajoubaum, liefert in seinen Früchten die ostindischen Elephantenläuse, Fructus Anacardii orientalis, welche in eigenen Kanälen einen scharfen, braunrothen, harzigen Saft führen; derselbe enthält das hautröthende Cardol, Anacardsäure etc.; die Samen sind gleich Mandeln geniessbar.

Anacardium Rottb., unterscheidet sich durch die nierenförmige, auf einem birnförmigen, fleischigen Stiele sitzende Frucht.

A. occidentale Herm., liefert die Fructus Anacardii occidentalis oder westindischen Elephantenläuse mit gleichen Bestandtheilen, nur wirkt das daraus dargestellte Cardol blasenziehend.

Pistacia L., Pistazienbaum; Blüthe dioecisch, ohne Kronblätter; männliche Blüthe fünfzählig; weibliche dreibis vierspaltig; Fruchtknoten einfächerig; Steinfrucht einsamig.

P. Lentiscus L., Mastixbaum, in Südeuropa, liefert aber nur auf Chios den Mastix, Resina Mastix.

P. vera L., Aechter Pistazienbaum, in Persien und Syrien, in Südeuropa kultivirt, liefert die Pistazien oder grünen Mandeln (Nuculae Pistaciae).

P. Terebinthus L., Terpentinpistazie, in Südeuropa, Nordafrika, liefert den Chios-Terpentin, (T. de Cypro s. de Chio) und eine Art Gallae, „Carobe de Giudea“ genannt.

Rhus Tourn., Blüthen polygamisch oder zwitterig, fünfzählig; die Kronblätter sind dem kreisförmigen Unterkelch (Stempelträger, Discus) inserirt; Griffel drei, mit stumpfer Narbe, trockne Steinfrucht.

Rh. Toxicodendron L., Giftsumach; Blätter langgestielt, dreizählig; Blüthenrispe achselständig, armblüthig; Frucht glatt, gefurcht. — Nordamerika, bei uns in Gärten; man unterscheidet zwei Varietäten, nämlich *a*) quercifolium Mich. (synonym mit Linné's Rh. Toxicodendron) mit aufrechtem Stamm und unterseits weichhaarigen Blättchen und *b*) vulgare Mich. (Rh. radicans L.) mit kriechendem Stamm und glatten Blättchen. Beide liefern die frisch verwendeten Folia Toxicodendri, Giftsumachblätter, vor deren Ausdünstung und Berührung man sich zu hüten hat, da sie oft nach Berührung bedenkliche Entzündung der Oberhaut verursachen; trocken sind die Blätter fast wirkungslos; das scharfe Prinzip ist wenig bekannt, angeblich eine flüchtige Säure, Toxicodendronsäure, ferner enthalten sie noch Gerb- und Gallussäure, Harz etc.

Rh. cotinus L., der Perückenstrauch, mit auswachsenden, sterilen, zottigen Blüthenstielen, in Südeuropa einheimisch, bei uns kultivirt, liefert in seinem Holz das sogenannte Fisetholz zum Gelbfärben.

Rh. coriaria L., der Gerbersumach, mit nach vorne geflügelten Blattstielen, mit gleichem Vorkommen wie die vorige Spezies, liefert in Blättern und Zweigen den Sumach oder Schmack des Handels.

Einige japanische Spezies, wie Rh. succedanea L., welche das sogenannte japanische Wachs; Rh. Osbeckii, var. japonica Sieb., welche die chinesischen oder japanesischen Galläpfel liefert, sind hier noch zu erwähnen, wie noch der derselben Familie angehörende Firnissbaum aus Japan, Melanorrhoea usitatissima Wall., mit dessen Milchsaft dort die trefflich lackirten Waaren hergestellt werden etc.

Die harzreiche Familie der Amyridaceen, welche in zwei Gruppen, Burseraceae mit mehrfächerigem und Amyrideae mit einfächerigem Fruchtknoten, zerfällt, wurde, obgleich auch diese zu den Calycifloren gehört, von Endlicher mit den Rutaceen etc. zur Klasse der Terebinthaceen vereinigt; es sind durchgängig tropische Pflanzen, Bäume oder Sträu-

cher, nahe verwandt den Anacardiaceen, von diesen aber besonders durch die Burseraceae mit mehrfächerigem Ovarium, durch drüsig punktirte Blätter etc. verschieden.

Officinell sind:

Boswellia floribunda Royle in Abyssinien, der Weihrauchbaum, welcher mit noch anderen, wenig bekannten Spezies, vielleicht Boswellia Cartari Coo. (B. sacra nov. spec. nach Flückiger) in Arabien, den Weihrauch, Olibanum, liefert, welcher von der Somaliküste über Indien nach Europa gelangt. Balsamodendron Ehrenbergianum Berg. und B. Myrrha Nees, in Arabien, sind die Mutterpflanzen der Myrrhe, Gummiresina Myrrhae; von der Spezies B. gileadense Knth., gleichfalls in Arabien, stammt der Mekka- oder Gileadbalsam; eine andere ostindische Spezies soll eine Art Elemi liefern.

Elaphrium tomentosum Jacq., in Südamerika, liefert das gelbbräunliche westindische Tacamahac; Icica Icicariba De Cand. in Brasilien, das gewöhnliche, gelbe, brasilianische Elemiharz, während andere Handelssorten des letzteren, wie z. B. Manilla-Elemi von Canarium-Arten, aus derselben Familie abgeleitet werden.

Amyris Plumieri De C., ein Baum der Antillen, wird gleichfalls als eine Stammpflanze des ostindischen Elemi angegeben.

Die an Gattungen und Arten reiche, sehr verbreitete Klasse der Leguminosen Endlicher's umfasst die Papilionaceae Lin. mit der von Decandolle als eigene Familie aufgestellten Tribus der Caesalpineae, die Swarzieae De Cand. und die Mimoseae R. Br., welche alle das Gemeinschaftliche haben, dass ihre Frucht eine Hülse bildet. In anderer Beziehung weichen sie jedoch so wesentlich ab, dass die Trennung der Klasse in vier verschiedene Familien hinreichend gerechtfertigt ist. So hat nur die Familie der Papilionaceen eine eigentliche Schmetterlingsblüthe (Corolla papilionacea), die Caesalpineen nicht, beide aber peryginische Staubgefässe, die Mimoseen und Swarzieen dagegen hypogynische Staubgefässe, erstere eine regelmässige, letztere eine oft nur ein- bis zweiblätterige Blumenkrone oder letztere fehlt ganz. Decandolle stellte ferner noch nach der Gestalt des Würzelchens des Embryos zwei Abtheilungen auf, nämlich: Curvembryae mit gekrümmter Radicula, wohin die Swarzieae und Papilionaceae gehören, und Rectembryae mit gerader Radicula, wohin er die Mimoseen und Caesalpineen zieht.

Wir werden die einzelnen Abtheilungen der Hülsengewächse als gesonderte Familien betrachten.

Papilionaceae Linn.

§. 155. Bäume, Sträucher und Kräuter mit zerstreuten, meist zusammengesetzten Blättern, welche meist am Blattstiele zwei Nebenblättchen tragen; auch die einzelnen Theilblättchen besitzen oft ein kleines Nebenblättchen (Stipella), wie bei Robinia, Phaseolus etc.; die Nebenblättchen sind auch mitunter in Dornen verwandelt, die Blattstiele enden zuweilen in Ranken (Fig. 198); Blüthen zwitterig, gewöhnlich Trauben oder Aehren, seltener in Rispen oder einzeln: Kelch bleibend, mit fünftheiligem Saum, der unpaarige Zipfel von der Achsel abgerundet (Unterschied von Rosaceen), in der Knospe geschindelt; Blumenkrone schmetterlingsartig (Fig. 273), perigynisch, in der Knospe geschindelt; Staubgefässe zehn, meist diadelphisch (Fig. 284), das obere frei, die anderen verwachsen, seltener monadelphisch (Loteae) oder alle frei (Sophoreae); Fruchtknoten einfächerig (Fig. 305) oder zuweilen scheinbar zweifächerig oder mit Querfächern versehen, ein- bis vieleiig, die Eichen der Bauchnaht angeheftet; Griffel endständig mit einfacher Narbe; Frucht eine Hülse (Legumen Fig. 324. 345); Samen meist mit Eiweiss; Keim gebogen, der Spalte der Keimblätter anliegend; Keimlappen fleischig oder blattartig, meist über der Erde sich entfaltend (Cotyleae epigaeae). — Vorkommen: Sehr verbreitet, am häufigsten in warmen Klimaten. — Eigenschaften: Zahlreiche Nahrungspflanzen, neben anderen mit adstringirenden, drastisch purgirenden, aromatischen Bestandtheilen; giftige Pflanzen finden sich nur wenige, darunter jedoch die höchst giftige Calabarbohne.

Zur Erleichterung der Uebersicht hat man die Familie in mehrere Unterfamilien eingetheilt, wie folgt:

I. Sophoreae, Schnurstrauchartige.

Staubgefässe frei, zehn, seltener acht oder neun; Hülse nicht oder mit zwei Klappen aufspringend; Blätter ungleich gefiedert oder einfach.

Hierher gehört das Genus Myroxylon mit an der Spitze verdickter, am Grunde durch den Stiel häufig geflügelter Hülse, welche zu beiden Seiten einen Balsambehälter trägt.

M. Pereirae Royle, Perubalsambaum, an der Küste von Sansonate (San Salvador, Südamerika), liefert den Perubalsam; M. toluiferum Humb. und Bonpl., gleichfalls in Südamerika, den Tolubalsam.

II. Loteae, Kleeartige.

Staubgefässe monadelphisch (z. B. Ononis, Genista, Cytisus etc.) oder diadelphisch; Hülse nicht unterbrochen, nicht aufspringend oder zweiklappig; Blätter einfach, gedreit, selten gefingert.

Ononis L., Heuhechel; Kelch glockenförmig, fünfspaltig, Kiel geschnabelt, Griffel kahl, fadenförmig, aufsteigend, Hülse aufgetrieben.

O. spinosa L., Dornige Hauhechel; Stengel aufsteigend, ein- oder zweireihig, drüsig, behaart, dornig; Hülsen so lang oder länger als der Kelch. — Gemein an Ackerrändern; die Wurzel ist die Radix Ononidis, welche das Glycosid Ononin, neben dem wachsartigen Onocerin, Citronensäure etc. enthält.
O. arvensis L., unterscheidet sich durch zottig behaarte, unbewehrte Stengel und die Hülse, welche kürzer ist als der Kelch.
O. repens L., hat kriechende, später wurzelnde Stengel, meist, aber nicht immer, dornige Aeste.

Medicago Tourn., Schneckenklee; Hülse sichelförmig oder schneckenförmig gerollt; hierher gehört der häufig angebaute Schneckenklee, M. sativa L.

Melilotus Tourn., Steinklee; Blüthen in lockeren Trauben; Hülse länger als der Kelch; Staubgefässe diadelphisch; Nebenblättchen nur am Grunde mit dem Blattstiel verwachsen.

M. officinalis Willd., Gemeiner Steinklee; Flügel so lang als Fahne und Schiffchen; Blüthe gelb; Hülse netzrunzlig, flaumhaarig.
M. Petitpierreana Willd.; Flügel länger als das Schiffchen; Blüthen gelb; Hülse querrunzlich gefaltet, kahl. — Beide liefern die Summitates Meliloti, welche ihren Geruch dem Gehalt an Melilotsäure, einer Modification des Cumarin's, verdanken.
M. coerulea Lam., mit kopfförmigen, blauen Blüthen, bildet einen Bestandtheil des Schweizer oder Glarner Kräuterkäses (Schabzieger).

Trifolium L., Klee, unterscheidet sich von Melilotus durch den kopfförmigen Blüthenstand, die mehr oder weniger mit den Kronblättern verwachsenen Staubgefässe, die der Länge nach mit dem Blattstiel verwachsenen Nebenblätter und durch die Hülse, welche kürzer ist, als der Kelch.

Hierher T. pratense L., repens L., incarnatum L., bekannte Futterpflanzen.

Trigonella L., Kuhhornklee, unterscheidet sich von Medicago durch die lang geschnäbelte, sichelförmige Hülse; hierher gehört T. foenum graecum L., der in Südeuropa, dem Orient einheimische Kuh- oder Bockshornklee, dessen Samen als Semen foenigraeci officinell sind.

Indigofera L., Indigopflanze; zeichnet sich aus durch das beiderseits pfriemlich gespornte Schiffchen und die flache, stielrunde Hülse, deren Samen oft durch Scheidewände getrennt sind; die Arten I. tinctoria L. in Ost-

indien, I. pseudotinctoria B. Br., gleichfalls in Indien, I. disperma Lin. in Guatemala, I. Anil L. in Ost- und Westindien liefern den Indigo und zwar erstere am meisten.

Glycyrrhiza Tourh., Süssholz; Kelch durch Verwachsung der oberen beiden Zipfel zweilippig; Hülse zusammengedrückt.

G. glabra L., Blüthen in schlaffen, achselständigen Aehren, welche kürzer sind als die Blätter; Hülse kahl. — In Südeuropa von Spanien bis zur Krim, liefert das spanische Süssholz, Radix Liquiritiae s. Glycyrrhizae glabrae.

G. echinata L., unterscheidet sich durch kopfige Aehren und borstig-igelstachelige Hülsen; liefert das leichte russische Süssholz.

Astragalüs Tourn., Bocksdorn; ist ausgezeichnet durch die in Folge des Einschlagens der Ränder der Bauchnaht fast zweifächerige Hülse.

Die Spezies A. creticus Lam. auf Creta, A. gummifer Labill in Syrien, A. verus Oliv. in Nordpersien, Armenien etc. liefern das aus einer Veränderung der Markstrahlen und des Marks sammt Inhalt entstehende Traganthgummi, Gummi Tragacanthae.

III. Hedisareae. Monadelphisch oder diadelphisch; Hülse gegliedert, nach der Reife in einsamige Glieder sich trennend; Blätter gedreit oder unpaarig gefiedert.

Diese Unterfamilie enthält keine officinelle Pflanze, aber werthvolle Futterkräuter, wie Hedysarum Onobrychis L., die Esparsette; H. coronarium L. in Italien, H. canadense L. in Canada; endlich liefert Alhagi Maurorum Tourn., in Syrien, Persien, Arabien etc. die persische Manna, Manna alhagina s. persica.

IV. Vicieae, Wickenartige; Diadelphisch; Blätter meist paarig gefiedert, Blattspindel oft rankig, Hülse zweiklappig, ein- oder, durch Verengung, querfächerig; Cotylen unter der Erde sich entfaltend (C. hypogaeae); hierher gehören meist nur Nahrungspflanzen, wie:

Pisum sativum L., die Erbse, mit verbreitertem, rinnigem, unter der Narbe zottigem Griffel und kugligen Samen; Vicia, die Wicke, mit fadenförmigem, unter der Narbe nach aussen gebartetem Griffel, und Ervum Lens L., die Linse, mit gleichem, aber kahlem Griffel; die Erbsen, Linsen, Wicken etc. zeichnen sich aus durch ihren Gehalt an dem stickstoffreichen Legumin, Stärke, Zucker etc., die sie besonders zur Nahrung geeignet machen.

V. Phaseolae; Bohnengewächsartige; meist diadelphisch; Hülse zweiklappig, vielsamig; Blätter meist gedreit mit Nebenblättchen; Cotylen theils unter, theils über der Erde sich entfaltend.

Phaseolus L., Bohne; Griffel, Staubgefässe und Schiffchen spiralig zusammengedreht.

Ph. vulgaris L., die Stangenbohne, mit windendem, und Ph. nana L., die Zwergbohne, mit niedrigem, nicht windendem Stengel, liefern die Semina fabarum, weisse Bohnen; die grünen Hülsen dienen, wie die reifen Samen, als Gemüse.

In diese Unterfamilie gehören ferner: Mucuna pruriens De Cand., in Ostindien, von welcher die röthlichen Brennborsten früher als Setae Stizolobii s. Siliquae hirsutae officinell waren; ferner Physostigma venenosum Balf., die Calabarbohne aus Westafrika, deren Samen, Semina Physostigmatis, Fabae calabaricae, äusserlich giftig sind in Folge ihres Gehaltes an Physostigmin oder Eserin, einem Alkaloid, welches gerade dem Atropin entgegengesetzt auf die Pupille wirkt, weshalb Auszüge dieser Samen in der Augenheilkunde angewendet werden.

VI. Dalbergieae; Hülse ein- bis zweisamig, nicht aufspringend; Blätter nie rankig.

Diese Unterfamilie ist eine durchaus exotische; zu derselben gehören: Butea frondosa Roxb., der ostindische Kinobaum, von welchem das bengalische Kino, der eingetrocknete, gummöse, rothe Saft des Stammes und eine Art Gummi laccae stammen; Pterocarpus Marsupium Roxb., gleichfalls in Ostindien, liefert das Amboina- oder Malabar-Kino, Pt. Draco L. in Westindien, eine Art Drachenblut, und Pt. santalinus Lin. fil. das rothe Santelholz aus Ostindien, von Ceylon etc. Von Dipterix odorata Willd. in Guyana kommen die gewöhnlich bei uns im Handel befindlichen holländischen Tonkabohnen, Fabae de Tonco, welche das Coumarin (Coumarsäure) enthalten; die innen weissen englischen Tonkabohnen von D. oppositifolia Willd. in Cayenne kommen nicht zu uns.

Caesalpineae De Cand.

§. 156. Bäume, Sträucher und Kräuter, mit einfach oder doppelt gefiederten Blättern. Nebenblätter wie bei den Papilionaceen; Blumenkrone regelmässig oder unregelmässig, nie schmetterlingsartig, zuweilen fehlend, an der Knospe geschindelt, seltener klappig; Staubgefässe zehn, oft verschieden gross, zum Theil steril, frei oder zum Theil verwachsen (Tamarindus); Frucht wie bei den Papilionaceen; Embryo gerade. — Vorkommen: Meist in den Tropengegenden. Eigenschaften: Verschieden; harzige, purgirende u. a. Bestandtheile, Farbstoffe, finden sich bei den officinellen Gliedern dieser Familie.

Officinell sind:

Von Caesalpinia-Arten: C. echinata Lam. in Brasilien, liefert mit C. brasiliensis Lin. das Fernambukholz des Handels, C. Sapan L. in Siam, auf den Molukken etc. das gelbrothe Sapan-Holz; Haematoxylon

campechianum L. in Westindien etc. liefert das Campecheholz, Ceratonia Siliqua L. in den Ländern am Mittelmeer, in seinen Früchten das Johannisbrot, Siliqua dulcis. Von Copaifera-Arten in Brasilien, namentlich von C. multijuga Hayn., Langsdorffii etc. stammt der officinelle brasilianische Copaivabalsam, während C. Jacquini Desf. in Westindien und Venezuela den geringen antillischen Balsam liefert; eine andere Spezies aus Guiana, C. bracteata Benth., liefert das geschätzte Veilchen- oder Amaranthholz etc.; von mehreren Trachylobium-Arten Südamerikas und von Gouibourtia copallifera Benn. werden gewisse Copal-Sorten abgeleitet; Tamarindus indica L., der Tamarindenbaum Ostindiens, liefert die officinellen ostindischen Tamarinden, Fructus Tamarindi, während von T. occidentalis Gaertn. in Mexico, Westindien etc. die viel kleineren, zuckerreichen westindischen stammen; Cathartocarpus Fistula Pers. in Ostindien, liefert die obsolete Cassia Fistula, mehrere Cassia-Arten Ostindiens, Oberägyptens, Nubiens etc. die verschiedenen Arten der Senna-Blätter, Folia Sennae.

Mimoseae R. Br.

§. 157. Meist Bäume und Sträucher mit paarig gefiederten Blättern, seltener letztere fehlschlagend und dann in Phyllodien umgewandelt (Fig. 148); Nebenblätter mitunter in Dornen verwandelt; Blüthen zwitterig, zuweilen polygamisch, regelmässig; Staubgefässe zahlreich, frei oder am Grunde monadelphisch; Hülse einfächerig, der Länge nach zweiklappig aufspringend, oder geschlossen bleibend, oder der Quere nach in einsamige Glieder zerfallend. — Vorkommen: In den Tropen, sehr zahlreich auch in Australien, wo sie mit den Charakter der dortigen Vegetation bestimmen. Eigenschaften: Adstringirende und gummöse Bestandtheile walten vor; eigenthümlich ist die Irritabilität der Blätter gewisser Mimosen.

Pharmaceutisch wichtig sind folgende Glieder:

Acacia Verec Guill. et Per. im Senegalgebiete, nach Schweinfurth auch in Kordofan (dort Haschab genannt), soll sowohl das sogenannte arabische, wie das Senegal-Gummi liefern, ebenso A. arabica Willd., A. gummifera Willd. in Nordostafrika; A. albida De C. liefert nach Aubry Lecomte das G. Sabrabeida, A. picnacantha Benth. das neuholländische, A. Karoo Hayne, A. Giraffae P. und A. horrida Willd. das Kapgummi; doch sind jedenfalls noch verschiedene andere Acacia-Arten mit an der Production dieses Gummis betheiligt. — Acacia Catechu Willd. in Ostindien dient zur Darstellung des bengalischen Catechus; von Prosopis dulcis Kunth. und anderen Arten sammelt man in Mexico das sogenannte Mezquite-Gummi, welches sich wie arabisches verhält; Erythrophleum judiciale Procter. in Sierra Leone, der Goldküste, besitzt eine sehr giftige, zu Gottesurtheilen dienende Rinde, deren Extract nach Aubry Lecomte auch als Pfeilgift benutzt wird.

Die Familie der Swartzieae enthält nur eine hier nennenswerthe Pflanze, nämlich Baphia nitida Lodd., in Sierra Leone, von welcher das dunkelrothe afrikanische Rothholz, Barwood oder Camwood der Engländer abstammt.

Rosaceae Lindl.

§. 158. Sträucher und Kräuter, seltener Bäume mit zerstreuten Blättern und Nebenblättern, welche meist unten am Blattstiel angewachsen sind; Blüthen regelmässig; Kelch fünftheilig, aus dem Rande eines fleischigen Unterkelchs (Hypanthium) hervorgehend, der unpaarige Zipfel der Achse zugewendet (Unterschied von Papilionaceen), in der Knospe klappig; der nicht mit den Fruchtblättern verwachsende*), bleibende**) Unterkelch trägt innen an seinem Rande einen fleischigen Ring, welchem die Kronblätter, meist fünf an Zahl, mit den perigynischen Staubgefässen (20 oder mehr) eingefügt sind (Fig. 239); die Knospenlage der Kronblätter ist eine geschindelte. Stempel zahlreich, frei, einfächerig, selten nur einer; Griffel seiten- (Fig. 317) oder endständig. Frucht trocken oder steinfruchtartige Caryopsen, entweder vom fleischig gewordenen, krautartigen oder holzigen Unterkelch eingeschlossen oder gestützt, oder einem fleischigen oder trockenen Fruchtboden (Fig. 354) eingesenkt oder der inneren Wand des fleischigen Unterkelchs angewachsen. Samen eiweisslos, mit geradem Embryo. — Vorkommen: In den gemässigten und kalten Gegenden der nördlichen Hemisphäre, weniger in den südlichen oder den Tropen. — Eigenschaften: Reich an Gerbstoff; meist wohlriechende, schön gefärbte oder weisse Blüthen mit ätherischem Oele, Früchte theilweise essbar.

Man theilt diese Familie in mehrere Unterfamilien, wie:

I. Dryadeae. Unterkelch krautartig oder holzig; Carpelle eineiig, nicht aufspringende Achaenen.
Hierher gehören:

Rubus L.; Kelch fünfspaltig, Unterkelch sehr flach; Blumenkrone fünfblätterig, abfallend; Carpellen zahlreich, mit fast gipfelständigem Griffel; Steinfrüchtchen dem halbkugeligen, schwammigen Fruchtknoten aufgesetzt, reif von demselben als Beerenhaufen (Syncarpium) sich ablösend.

R. Idaeus L., Himbeere; Aufrecht: Stämme stielrund, fein stachelig, anfangs krautartig, später verholzend; Blüthen in Doldentrauben; Kronblätter keilförmig, kürzer als die abstehenden Kelchblätter; Blättchen unterseits zart weissfilzig; Früchtchen behaart, roth (auch gelblich oder weiss). In

*) Unterschied von den Pomaceen.

**) Dadurch und durch die Steinfrucht von den Amygdaleen unterschieden.

Wäldern Nord- und Mitteleuropas. — Die Beerenhaufen bilden die Fructus Rubi Idaei, Himbeeren.

R. fructicosus L., Brombeere; unterscheidet sich durch fünfkantige Stämme mit gekrümmten Stacheln, rispige Blüthen, durch Kronblätter, welche grösser sind als die zurück sich krümmenden Kelchblätter und durch die glänzend schwarzbraunen Früchte. — In Gebüschen und Wäldern.

R. caesius L., hat blau bereifte, R. Chamaemorus L. aus wenigen, aber grösseren Früchtchen bestehende rothgelbe Beerenhaufen.

Fragaria L., Erdbeere; Stengel krautartig, mit Ausläufern: Kelch im Grunde convex, am Rande zehnspaltig, mit fünf kleineren Bracteen (Aussenkelch); Kronblätter fünf, weiss; Griffel seitenständig; Achaenen zahlreich, dem vergrösserten fleischig saftigen Fruchtträger eingefügt und mit diesem abfallend.

F. vesca L., Gemeine Erdbeere; Kelch bei der Fruchtreife ausgebreitet oder zurückgeschlagen; Haare der Blattstiele weit abstehend, die der Blüthenstiele angedrückt.

F. elatior Ehrh., Hochstengelige Erdbeere; alle Haare abstehend; Blüthe zweihäusig; eine Varietät dieser Spezies ist die Gartenerdbeere.

F. collina Ehrh., Hügelerdbeere; Kelch der Frucht angedrückt.

F. grandiflora Ehrh., Ananaserdbeere; Behaarung aufrecht: angedrückt; ebenso der Kelch der Frucht.

F. virginiana Ehrh., Virginische oder Scharlacherdbeere; Kelch abstehend; Haare anliegend.

Alle diese Spezies liefern Erdbeere, Fructus Fragariae.

Potentilla L., Fingerkraut; Kelch im Grunde concav; vier- bis fünftheilig, mit ebenso vielen Bracteen versehen; Kronblätter vier bis fünf; Griffel seitlich; Achaenen trocken, dem mehr oder weniger convexen Receptaculum eingefügt.

P. anserina L., hat einen kriechenden Stengel, fünfzählige Blüthen, unterbrochen vielpaarig gefiederte Blättchen.

P. Tormentilla Schrank; Stengel aufsteigend oder kriechend, vierzählige Blüthen, gedreite Blätter; die Wurzel ist die gerbstoffreiche Radix Tormentillae.

Geum Linn.; Kelch 5theilig mit 5 kleinen Bracteen, im Grunde concav; Kronblätter 5; Griffel endständig, in der Mitte gegliedert und ebendort doppelt hakenförmig gekrümmt; Früchtchen durch das untere Glied des Griffels hakig geschwänzt.

G. urbanum L., Aechte Nelkenwurzel; Wurzelstock senkrecht, Blüthen aufrecht, Fruchtboden sitzend. — Officinell ist das ringsum bewurzelte Rhizom, Radix Caryophyllatae.

G. rivale L, unterscheidet sich durch den schiefen Wurzelstock, die nickende Blüthe und den gestielten Fruchtboden. — Der Wurzelstock ist nur nach unten mit Zasern besetzt.

Hierher gehört auch noch Brayera anthelminthica Kunth, eine baumartige Rosacee Abyssiniens, mit durch Fehlschlagen diclinischen Blüthen; die weiblichen Blüthenstände mit doppeltem, acht- bis zehnblätterigem Kelch, dessen äusserer Kreis nach dem Blühen weiter auswächst und purpurfarben wird, bilden die Flores Kousso v. Brayerae anthelminthicae, welche als wirksamen Bestandtheil das harzige, bitter kratzende Koussin enthalten.

II. Spiraeaceae; Unterkelch krautartig; Frucht kapselförmig, aufspringend, ein- bis vielsamig.

Hierher gehört das Genus Spiraea L., die Spierstaude, mit den früher officinellen Spezies Sp. ulmaria L. mit verästeltem Stengel, holziger Wurzel und kahlen, schraubenförmig gewundenen Kapseln, und Sp. filipendula L., mit knollig verdickten Wurzelfasern, einfachem Stengel und weichhaarigen Kapseln; von ersterer war früher das blühende Kraut, von der letzteren die Wurzelknollen (Radix Filipendulae) officinell.

III. Roseae: Unterkelch fleischig, später saftreich; Carpelle zahlreich, beinhart, im Grunde des Unterkelchs, sitzend; Blätter unpaarig gefiedert.

Rosa Tourn. — Rose. Strauchartig, meist mit Stacheln bewehrt; Unterkelch krugförmig, am Rande verengert; Kelch fünfspaltig, die einzelnen Blätter beiderseits oder einseitig fiederspaltig; Griffel fast endständig, frei (mit Ausnahme der Rosa moschata).

R. gallica L., Essig- oder Apothekerrose; Stacheln hakig gekrümmt, zusammengedrückt, die jüngeren borstig, mit Drüsenhaaren untermischt; Kelchzipfel abstehend, mit fiederschnittigen Anhängseln; Unterkelch und Blattstiele mit steifen drüsigen Haaren bedeckt; Carpellen sitzend. — Im südlichen und mittleren Europa. — Die dunkelrothen, meist gelb genagelten Kronblätter bilden die Flores Rosarum rubrarum s. damascenarum und enthalten neben wenig flüchtigem Oel besonders Gerbstoff, Gallussäure etc.

R. centifolia L., Gartenrose, Centifolie; Stacheln fast gerade, Kelchblätter nicht zurückgeschlagen, davon zwei beiderseits, eines nur auf einer Seite fiederspaltig, zwei ganz; Unterkelch drüsig borstig; Blättchen am Rande drüsig. — Im Kaukasus wild, bei uns in Gärten kultivirt. — Officinell sind die Kronblätter, Flores Rosarum incarnatarum.

R. moschata Mill., unterscheidet sich durch dünne, rückwärts gebogene Stacheln, steifhaarige Blüthenstiele und weisse Blüthen, sowie endlich durch zu einem Säulchen vereinigte Griffel.

— Im Orient, liefert mit R. damascena L. etc. das ächte türkische Rosenöl, welches durch Destillation der Kronblätter mit Wasser im Balkangebirge fabricirt wird.

R. canina L., Hundsrose; Stacheln zusammengedrückt, entfernt stehend, sichelförmig; Kelchblätter fiederspaltig, nach dem Aufblühen zurückgeschlagen, abfallend; Carpelle gestielt. — Die Unterkelche sind die Hagebutten, Cynosbata, die Früchtchen die Fructus s. Semina Cynosbati.

IV. Quillayeae; Unterkelch krautartig; Kapselfrüchte mit geflügelten Samen.

Hierher gehört als officinell nur Quillaya Saponaria Molin., der chilenische Seifenbaum, dessen Rinde reich an Saponin unter dem Namen Cortex Quillayae im Handel bekannt, ökonomisch zum Waschen verwendet wird.

Die den Rosaceen nahe verwandte Familie der Sanguisorbeen unterscheidet sich durch ein einfaches Perigon, den am Schlunde zusammengezogenen, ringförmig verdickten Unterkelch, enthält aber nur obsolete Pflanzen, wie Sanguisorba, Alchemilla etc.

Amygdaleae Juss.

§. 159. Bäume oder Sträucher mit einfachen, wechselständigen Blättern und Nebenblättern; Unterkelch glocken- oder röhrenförmig, nicht mit dem Fruchtknoten verwachsen (Unterschied von Pomaceae), abfallend; Kelch-, Kron- und Staubblätter wie bei den Rosaceen; Stempel einer, frei, oberständig; Fruchtknoten einfächerig mit zwei gegenläufigen Eichen, von der Spitze des Fachs herabhängend; Frucht eine gewöhnlich einsamige, seltener zweisamige Steinfrucht (Drupa). Samen eiweisslos, Embryo gerade, mit dicken, fleischigen Cotylen. — Vorkommen: Besonders in den gemässigten Gegenden der nördlichen Hemisphäre, durch Kultur jetzt allenthalben verbreitet. — Eigenschaften: In den Samen mildes, fettes Oel, neben flüchtigem, blausäurehaltigem, aber nicht vorgebildeten Oele, welches erst aus dem Amygdalin hervorgebracht wird unter Zutritt von Wasser und Gegenwart von Emulsin; die Früchte mehrerer Gattungen und Arten sind mit einem saftig fleischigen Fruchtfleisch umgeben.

Hier sind zu erwähnen:

Amygdalus Tourn. Mandelbaum; Steinfrucht mit trockenhäutigem, bei der Reife unregelmässig aufspringendem Fleische; Steinschale ein-, seltener zweisamig, glatt oder wenig gefurcht.

Hierher gehört Amygdalus communis L., der Mandelbaum, und zwar die beiden Varietäten desselben, mit süssen, milden und mit bitteren Samen, von welchen erstere wahrscheinlich erst durch Kultur erzielt wurden; die ursprüngliche bittere Varietät ist einheimisch in Nordafrika und Südeuropa, bei uns kultivirt; die gewöhnlichen Mandeln haben eine dicke, glatte, holzige Samenschale, eine andere Varietät eine zerbrechliche, gefurchte, wie die sogenannten Krachmandeln. Bestandtheile der Mandeln sind: Fettes Oel, Emulsin, Zucker etc., wozu in den bitteren noch Amygdalin kömmt.

Persica Tourn, der Pfirsichbaum, unterscheidet sich durch ein saftiges Fruchtfleisch und die unregelmässige, tiefgrubige, tiefgefurchte Steinschale.

P. vulgaris Mill., bei uns kultivirt, lieferte früher die Flores et Nuclei Persicorum, welche letztere sich den bitteren Mandeln ähnlich verhalten.

Prunus L. Pflaume. Steinfrucht mit saftigem Fleisch, nicht aufspringend; Steinkern glatt oder runzlig furchig, nicht grubig.

P. armeniaca L., Aprikose; Blätter fast herzeiförmig, zugespitzt, die jüngeren zusammengerollt; Steinfrucht mit sammtartigem Ueberzug. — Bei uns als Obstbaum kultivirt und zwar mit süssen und bitteren Samen.

P. spinosa L., Schlehe; strauchartig, mit zu Dornen umgewandelten Aestchen; Steinfrüchte aufrecht, kugelig, glatt, blau bereift, mit herbem grünem Fleisch. — Die Blüthen sind die Flores Pruni spinosi s. Acaciae nostratis und liefern frisch mit Wasser destillirt ein blausäurehaltiges Destillat.

P. domestica L., Zwetschke; baumartig, mit nur selten dornigen Aesten; Steinfrucht eiförmig, nickend, bereift. — Kultivirt in zahlreichen Varietäten.

P. cerasus L., Kirschbaum; Blätter glänzend, kahl, in der Jugend der Länge nach zusammengelegt; Steinfrucht kahl, nicht bereift. — Gleichfalls in verschiedenen Varietäten kultivirt, von welchen besonders Var. β. austera Koch, die Morelle, mit dunkelrothem Saft und langem Stiel, officinell ist; Var. α. acida hat ungefärbten Saft und kurze Fruchtstiele. — Die Steinkerne, Nuclei Cerasorum, dienen zur Darstellung des Aqua Cerasorum.

Von Prunus Avium L., der in den Wäldern Europas wildwachsenden Wald- oder Vogelkirsche, bereitet man durch Destillation der mit den Kernen zerstossenen Früchte im Schwarzwald, im Elsass etc. einen Branntwein, das sogenannte Kirschwasser; von dieser Spezies stammen verschiedene Spielarten der süssen Kirsche, wie namentlich die Herzkirschen mit weichem Fleisch (Cerasus juliana De C.), die sogenannten Knorpelkirschen (C. duracina De C.) etc.

P. Laurocerasus L., Kirschlorbeer; Blätter immergrün, gegen den Grund verschmälert, entfernt gesägt und dort an der unteren Seite mit zwei bis vier Drüsen versehen; Blattstiele drüsenlos; Trauben aufrecht. — In Kleinasien einheimisch, bei uns kultivirt, je-

doch nur in wärmeren Gegenden im Freien aushaltend. — Officinell sind die frischen Blätter, Folia Laurocerasi, zur Darstellung eines destillirten Wassers dienend.

P. Padus L., Ahlkirsche. Blätter hinfällig, elliptisch, zugespitzt, fein gesägt; Blattstiel nach oben hin zwei Drüsen tragend; Blüthentrauben nickend. — Strauch oder Baum, in Laubwäldern durch ganz Europa vorkommend. Officinell ist noch die Rinde des Stammes und die Aeste, Cortex Pruni Padi, welche Amygdalin, Gerbstoff, Gummi und Emulsin enthält und mit Wasser destillirt ein blausäurehaltiges Product liefert.

Pomaceae Lindl.

§. 160. Bäume oder Sträucher mit einfachen oder zusammengesetzten, zerstreuten Blättern und hinfälligen Nebenblättern; Blüthen auf den Gipfeln der Haupt- und Nebentriebe, einzeln oder in Trauben und Trugdolden; Fruchtknoten mit dem Unterkelch verwachsen; Kelch fünftheilig, der unpaarige Zipfel der Achse zugewendet, vertrocknend; Kronblätter fünf, wie die Kelchblätter in der Knospe geschindelt und wie die funfzehn bis zwanzig Staubgefässe perigynisch; Griffel ein bis fünf mit einfacher Narbe; Carpelle so viele als Griffel, meist zweieiig, mit gegenläufigen, aufsteigenden, centralen Eichen. Frucht ein Apfel (Fig. 355), vom vertrockneten Kelchsaum gekrönt. häutige (Sorbus), knorpelige (Pyrus) oder beinharte (Crataegus) Fächer einschliessend; Samen eiweisslos, Embryo gerade, mit nach unten gekehrtem Würzelchen. — Vorkommen: Der Apfel- und Birnbaum ist in den Gebirgswäldern des gemässigten Europas sowie im Caucasus einheimisch; beide werden in zahlreichen Varietäten in der nördlichen Hemisphäre kultivirt; die übrigen Glieder finden sich im mittleren und südlichen Europa, die Quitte bei uns nur kultivirt.

Pyrus L. Apfelbaum. — Apfelfrucht mit fünf knorpeligen Kernhäuschen, welche je zwei oder durch Fehlschlagen nur einen Samen enthalten.

P. Malus L., Apfelbaum; Blätter kahl oder unterseits etwas filzig, am Rande gesägt. Blattstiele kürzer als die Hälfte des Blattes; Griffel am Grunde verwachsen; Frucht kuglig, in der Insertionsstelle des Stiels vertieft. — In Wäldern, wie auch in veredelten Abarten kultivirt. — Liefert die Poma acidula, welche Aepfelsäure, äpfelsauren Kalk, Zucker (in unreifem Zustande auch Amylum), Pectinstoffe etc. und als Arom eine Aethylverbindung enthalten. In der Wurzelrinde findet sich das Glycosid Phloridzin.

P. communis L., Birnbaum; Blätter meist kahl und glänzend, fast so lang als der Blattstiel; Früchte am Grunde nicht vertieft. — Wie der Vorige wild und kultivirt.

Cydonia Pers. **Quittenbaum.** — Fruchtfächer wie bei Pyrus, aber vielsamig; Samenschale von einem schleimigen Epithel überzogen, welches bei Pyrus fehlt.

C. vulgaris Pers., Gemeine Quitte. — Blätter eiförmig, ganzrandig, auf beiden Seiten weissfilzig, später oberseits kahl; Nebenblätter eirund, drüsig, fein gesägt; Blüthen einzeln, gipfelständig; Kelchzipfel gross, spitz, am Rande drüsig, fein gesägt, abstehend oder zurückgeschlagen; Kronblätter doppelt so lang als die Kelchzipfel; Frucht je nach der Varietät apfel- oder birnförmig, mit wollig filziger Bedeckung. — Einheimisch in Vorderindien, von wo der Baum über Persien und Griechenland zu uns gelangt. — Officinell sind die Samen, Semina Cydoniae, wegen ihres Schleims.

Crataegus, wohin namentlich der gemeine Hage- oder Weissdorn gehört; C. Oxyacantha L. unterscheidet sich durch beinharte Carpellen und die bei der Reife mehlige Frucht oben von einem Discus geschlossen, welcher kleiner ist als die Breite der Frucht; Fächer beinhart. — Früher waren die Blüthen, Blätter und Früchte officinell als Flores, Folia et Baccae Oxyacanthi s. Spinae albae. — Enthalten ein Alkaloid, Crataegin oder Oxyacanthin, welches sich auch in der Wurzelrinde von Berberis findet.

Fig. 400.



Fig. 400. Längsschnitt durch die Frucht von Mespilus.

Sorbus Aucuparia L., die Eberesche, lieferte früher die Fructus Sorbi, reich an Aepfelsäure, und unterscheidet sich durch unpaarig gefiederte Blätter mit lanzettförmigen, gesägten Blättchen, die endständigen zusammengesetzten Trugdolden und die drei- bis vierfächerigen kugeligen Früchte mit häutigen Fächern.

Mespilus L., der Mispelbaum, wozu M. germanica L. gehört, dessen Früchte und Samen früher officinell waren, unterscheidet sich von Crataegus durch eine die Frucht oben schliessende Scheibe, welche aber breiter ist, als der Durchmesser der ersteren; Fächer wie bei Crataegus.

Anmerkung. Die Rosaceae, Amygdaleae, Pomaceae bilden mit noch einigen nicht medicinisch wichtigen Familien Endlicher's LX. Klasse der Rosiflorae.

Myrtaceae R. Br.

§. 161. Meist Bäume und Sträucher, mit gegenständigen, häufig ganzrandigen, lederartigen, drüsig punktirten Blättern, welche gewöhnlich randnervig sind und keine Nebenblätter haben; Kelchröhre mit dem Fruchtknoten verwachsen, mit meist fünf-, seltener viertheiligem Saum, zuweilen in der Knospe geschlossen und sich deckelartig lösend; Kronblätter so viele als Kelch-

zipfel, mit diesen abwechselnd, mit den zahlreichen freien oder zu Büscheln verwachsenen Staubfäden dem Schlunde des Kelchs oder dem Rande des Unterkelchs angewachsen, also perigynisch; Filamente in der Knospenlage einwärts gekrümmt; Antheren eiförmig, mit Doppelritzen aufspringend. Ein Griffel mit einfacher Narbe; Fruchtknoten unterständig oder halb unterständig, ein oder mehrfächerig; Eichen gegenläufig; Frucht, eine ein-, öfter aber drei- bis sechsfächerige, ein- oder vielsamige Kapsel oder Beere; Samen meist eiweisslos; Embryo gerade oder gekrümmt; Cotyledonen blattartig zusammengerollt oder gefaltet oder fleischig und mehr oder weniger verwachsen. — Vorkommen: Die Glieder dieser Familie gehören zumeist den Tropengegenden an, in welchen sie zum Theil unsere Obstarten durch ihre Früchte ersetzen, wie z. B. verschiedene Psidium-, Eugenia-Arten etc.; die nach Südeuropa von Persien eingeführte Myrthe ist die am nördlichsten vorkommende Gattung. Von den Unterfamilien sind nur folgende medicinisch wichtig:

a) Leptospermeae — Fruchtblätter einreihig gestellt; Frucht eine fachspaltig aufspringende Kapsel; Blätter gegenständig oder zerstreut.
b) Myrteae — Frucht eine Beere; Blätter gegenständig. Aus den beiden Unterfamilien sind officinell:

a) Leptospermeae.

Melaleuca Linn. Cajeputbaum; Kelchröhre halbkugelig, den Fruchtknoten einschliessend; Kelchsaum fünftheilig, abfallend; Staubgefässe fünfbrüderig, die einzelnen Büschel den fünf Kronblättern gegenüber gestellt; Frucht, eine mit dem Unterkelch verwachsene, dreifächerige, vielsamige Kapsel.

M. Leucadendron L.; Blätter wechselständig, lanzettlich zugespitzt, sichelförmig, drei- bis fünfnervig, Kelch und jüngere Zweige kahl. — Auf den Molukken.

M. Cajeputi Roxb., unterscheidet sich nur durch kleineren, mehr strauchartigen Wuchs und Behaarung der Blüthenstände und jungen Zweige. — Gleichfalls auf den Molukken.

Beide liefern bei Destillation der Blätter, Zweige und Früchte das Cajeputöl.

Eucalyptus L'Herit.

Kelchröhre kreiselförmig; Kelch ganzrandig, vom Grunde sich umschnitten ablösend; Staubgefässe zahlreich, frei; Fruchtknoten vier- bis dreifächerig, vieleiig; Kapsel vom verdickten Unterkelch umschlossen, vier- bis dreiklappig, an der Spitze fachspaltig aufspringend.

E. resinifera White, in Neuholland, liefert mit noch anderen Spezies dort das neuholländische Kino, Kino australe s. novae

Hollandiae; einige andere Spezies, wie E. manifera Sm., dumosa Cuningh. liefern eine eigenthümliche Art von Manna.

b) Myrteae.

Myrtus Tournef. — Myrthe. — Kelch fünf-, seltener viertheilig; Kronblätter fünf bis vier; Fruchtknoten zwei- bis dreifächerig; Frucht eine fast kugelige, durch Fehlschlagen mitunter einsamige Beere. Samen hart, nierenförmig, mit gekrümmtem Embryo.

M. communis L., Gemeine Myrthe. — Blätter gegenständig, ei- oder lanzettförmig zugespitzt; Blüthenstiele einblüthig, so lange wie die Blätter und mit zwei linienförmigen, abfallenden Nebenblättern versehen. — In Südeuropa. — Früher waren die Blätter und Früchte, Folia et Fructus Myrti, officinell.

M. Pimenta L., Pimentbaum. — Kelchblätter vier, bleibend; Kronblätter ebenso viele, Unterkelch den zwei- bis viereiigen Fruchtknoten einschliessend; Beere kugelig, ein- bis zweifächerig, ein- bis zweisamig, Embryo spiralig eingerollt. — In Westindien einheimisch, in Ostindien kultivirt. — Die unreifen Früchte liefern getrocknet den Piment oder das Modegewürz, Semen s. Fructus Amomi, Piper jamaicense; derselbe enthält hauptsächlich ätherisches Oel, welches analoge Zusammensetzung mit dem Nelkenöle zeigt, ferner grünen, ölartigen Stoff (Weichharz?), Gerbstoff, Gummi, Harz, Zucker, Aepfel- und Gallussäure etc. (Bonastre).

Aehnliche Früchte liefern noch M. pimentoides Nees, doch sind dieselben mehr oval.

M. acris Sw., unterscheidet sich durch stielrunde Aestchen, welche bei M. Pimento und pimentoides vierkantig sind; ferner sind die Blätter hier nicht drüsig punktirt wie bei jenen Spezies.

Caryophyllus Tourn. Nelkenbaum; Kelchsaum viertheilig, bleibend; Kronblätter vier, an den Spitzen anfänglich mützenartig zusammenhängend, abfallend; Staubgefässe zahlreich, vierbrüderig, einem fleischigen, viereckigen Diskus inserirt; Unterkelch walzenförmig, den Fruchtknoten eingesenkt tragend; letzterer zweifächerig, vieleiig; Beere vom Kelchsaum gekrönt, trocken, durch Abortus meist einsamig, einfächerig; Samen mit dicken, frisch fleischigen Cotylen, welche buchtig gefaltet das schildförmig angeheftete Würzelchen einschliessen.

C. aromaticus Linn., Gewürznelkenbaum. — Blätter länglich, nach beiden Enden zugespitzt, glänzend dunkelgrün, lederartig; Blüthen in dreigabelig ästigen Trugdolden; Beeren rundlich elliptisch. — Auf den Molukken einheimisch, jetzt auch in Ostindien, Westindien etc. kultivirt. — Die getrockneten Blüthenknospen sind die bekannten Gewürznelken, Caryophylli, die getrockneten reifen Beeren die Mutternelken, Anthophylli. — Bestandtheile: Aetherisches Oel, Gerbstoff, Gummi, Harz und zwei eigenthümliche geruch- und geschmacklose krystallinische Körper, Eugenin und Caryophyllin.

Granateae Don.

§. 162. Diese nur aus einem einzigen Genus — Punica — gebildete Familie wird von einigen Autoren nur als eine Unterfamilie der Myrtaceen betrachtet, unterscheidet sich aber von den letzteren sowohl durch den Mangel an Oeldrüsen in den Blättern, wie überhaupt des ätherischen Oeles, noch mehr aber durch den Bau der Frucht. Die Fruchtblätter bilden nämlich zwei bis drei Kreise, welche anfänglich sämmtlich auf dem Fruchtboden stehen, später aber in Folge des Auswachsens des anfänglich flachen Unterkelchs über einander zu stehen kommen; dabei werden die Samenträger der oberen Kreise wandständig, während die Frucht durch die gegen die Mitte sich erhebende Scheidewand in zwei mehrfächerige Stockwerke getheilt wird. — Offizinell ist:

Punica Tourn. — Carpelle vieleiig, in zwei bis drei übereinander stehende Wirtel geordnet, mit dem Unterkelch verwachsen;

Fig. 401.

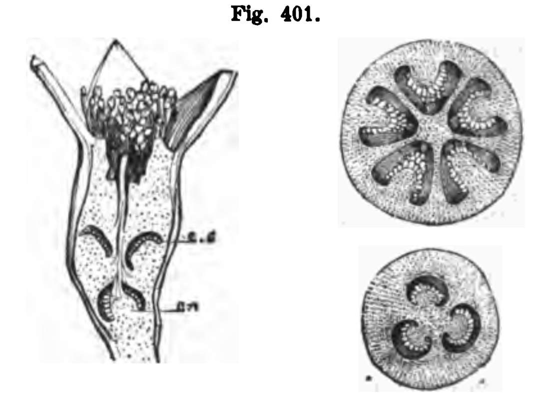


Fig. 401. II. Längsschnitt durch die Blüthe der Punica; cs obere, ci untere Region des Fruchtknotens; III. Querschnitt durch die obere, IV. durch die untere Region des Fruchtknotens.

Kelch fünf- bis siebenspaltig, lederartig, bleibend, in der Knospe klappig; Kronblätter eben so viele, in der Knospe geschindelt. Frucht eine grosse, runde Beere, welche in der oberen Hälfte vier- bis achtfächerig, in der kleineren unteren drei- bis vierfächerig ist; Samen der oberen Abtheilung wandständig, in der unteren grundständig; Embryo länglich mit schneckenförmig eingerollten Keimlappen.

P. Granatum L., der Granatapfelbaum Südeuropas und Nordafrikas, liefert in seiner Wurzelrinde, Cortex radicis Granati, ein officinelles Bandwurmmittel, welches hauptsächlich Gerbstoff, Gallussäure, Aepfelsäure, Harz, Gummi, Zucker, Punicin etc. enthält.

Früher waren auch die Blüthen und die Fruchtschalen, Flores et Cortex Fructuum Granatorum s. Balaustriorum, officinell.

Anmerkung. Nahe verwandt mit der Familie der Myrtaceen sind ferner die Lecythideae, welche sich aber durch abwechselnde, mitunter gezähnte Blätter, durch die deckelartig sich öffnende Kapselfrucht etc. unterscheiden; zu derselben gehört Bertholetia excelsa H. und B., ein grosser Baum Südamerikas, dessen Samen die sogenannten Paranüsse oder Juvias des Handels bilden.

Combretaceae Rob. Br.

§. 163. Bäume oder Sträucher mit zerstreuten oder gegenständigen, nicht drüsig punktirten Blättern ohne Nebenblätter; Blüthen vollkommen oder durch Abortus diclinisch; Kelch mit dem Fruchtknoten verwachsen, Saum vier- bis fünfspaltig, abfallend; Kronblätter vier bis fünf oder fehlend; Staubgefässe perigynisch, fünf bis fünfzehn, meist jedoch zehn; Fruchtknoten einfächerig mit zwei bis vier hängenden Eichen. Samen eiweisslos mit zusammengerollten Cotylen. — Vorkommen: In den Tropengegenden.

Zu dieser Familie gehört das Genus Terminalia L., der Katappenbaum, von welchem einige Arten der früher officinell gewesenen Myrobalanen stammen und zwar von T. bellerica Roxb. die sogenannten M. bellericae, von T. Chebula Roxb., die M. Chebulae und von T. citrina Roxb., sämmtlich in Ostindien, die M. citrinae, welche sich durch einen grossen Gehalt an Gerbstoff auszeichnen und deshalb noch technische Verwendung finden.

Lythrarieae Juss.

§. 164. Kräuter, seltener Sträucher mit stielrunden oder viereckigen Aesten und meist gegenständigen Blättern ohne Nebenblätter; Kelch den Fruchtknoten einschliessend, aber nicht damit verwachsen; Kronblätter perigynisch, dem Unterkelche eingefügt; Fruchtknoten ein- bis vierfächerig, oberständig, vieleiig mit centralen anatropen Eichen; Frucht eine zwei- bis vierfächerige oder einfächerige, meist aufspringende Kapsel; Samen klein, zahlreich, eiweisslos, mit geradem Embryo und blattartigen Cotylen. — Vorkommen: Sehr verbreitet.

Dieser Familie gehört von wichtigeren Pflanzen nur Lawsonia inermis L., die Hennapflanze des Orients an, deren Blätter und Wurzel zum Gelbfärben benutzt wird.

Saxifragaceae Juss.

§. 165. Kräuter, Sträucher oder Bäume mit gegenständigen oder zerstreuten Blättern, theils mit, theils ohne Nebenblätter;

Kelch fünf- bis zehntheilig, seltener drei- bis viertheilig, bleibend, in der Knospe geschindelt; Krone meist fünfblätterig, seltener fehlend; Staubgefässe in gleicher oder häufiger in der doppelten Anzahl der Kelchzipfel, perigynisch; Griffel zwei, bleibend; Fruchtknoten halb- oder ganz unterständig, zweifächerig, vieleiig, mit centralen Placenten; Frucht eine Kapsel, zwischen den Griffeln mit einem Längsrisse aufspringend; Samen zahlreich, klein, mit fleischigem Eiweiss; Embryo gerade. — Vorkommen: Im Norden und in Alpengegenden.

Zur besseren Orientirung theilt man die Familie in zwei Unterfamilien:

a) Saxifrageae; meist Kräuter, zuweilen mit Nebenblättern; Kelch frei oder theilweise mit dem Ovarium verwachsen, wie die Blumenkrone meist in der Knospe geschindelt.

b) Philadelpheae; Sträucher mit gegenständigen Blättern ohne Nebenblätter; Aestivatio klappig.

Zur ersteren Unterfamilie gehört:

Saxifraga L., Steinbrech. — Kelch fünftheilig, Kronblätter eben so viele; Staubgefässe zehn; Kapsel zweischnäbelig mit centralen Placenten.

L. granulata L., lieferte ehemals die Herba Saxifragae albae.

Von den Philadelpheen nennen wir:

Philadelphus De C. — Pfeifenstrauch; Kelch vier- bis fünftheilig; Blumenblätter vier bis fünf; Fruchtknoten halb unterständig, vier- bis fünffächerig; Kapsel vom Kelche gekrönt, fachspaltig, vier- bis fünfklappig.

P. coronarius L., der sogenannte „deutsche Jasmin", lieferte früher die Flores Philadelphi s. Jasmini albi.

Crassulaceae De Cand.

§. 166. Kräuter oder Sträucher mit dicken, fleischigen Blättern ohne Nebenblätter; Blüthen meist in Trugdolden; Kelchblätter fünf, seltener drei bis zwanzig, am Grunde mehr oder weniger verwachsen, unterständig; Kronblätter in gleicher Anzahl wie die Kelchblätter, frei oder verwachsen, mit den Staubblättern dem sehr kurzen Unterkelch inserirt; Carpelle so viele als Kronblätter, diesen gegenüber gestellt, frei oder am Grunde verwachsen und dort von mitunter undeutlichen Nectarschuppen gestützt, vieleiig; Eichen gegenläufig, im inneren Winkel des Faches befestigt, horizontal oder hängend; Kapseln an der Bauchnaht aufspringend. — Vorkommen: Allgemein an trocknen Standorten, hauptsächlich aber am Kap.

Die Glieder dieser Familie zeichnen sich besonders durch den Saftreichthum ihrer Blätter und Stengel aus, sie haben aber nur geringe Bedeutung für die Medicin.

Das Genus **Sedum** L., der **Mauerpfeffer**, charakterisirt sich durch die **Fünfzahl** der **Kelch-** und **Kronblätter**, der **Nectarschuppen** und **Kapseln**, während bei **Sempervivum** L., dem Hauslauch, die **Sechszahl** für diese Organe gilt. Medicinische Anwendung finden die Spezies beider Gattungen nicht mehr.

Anmerkung. Die beiden letzteren Familien bilden mit der folgenden die XLI. Klasse **Corniculatae** bei **Endlicher.**

Grossularieae De C. (Ribesiaceae Endl.)

§. 167. Sträucher mit zerstreuten Blättern, durch theilweise Modification der letzteren zuweilen dornig; **Kelch** fünftheilig, gefärbt, **Korolle** fünfblätterig, oft nur schuppenförmig, **perigynisch**, mit der gleichen Anzahl **Staubblätter** abwechselnd; **Fruchtknoten einfächerig, unterständig**, mit zahlreichen, an **zwei wandständigen** Placenten durch lange Nabelschnüre befestigten Eichen; **Frucht** eine vom verwelkten Kelche gekrönte **Beere**; **Samen** länglich eiförmig mit eigenthümlichem, schleimigem Ueberzug, an langen, später sich ablösenden Nabelschnüren; **Embryo** klein, an der Spitze des knorpligen Eiweisses. — **Vorkommen**: In den gemässigten Gegenden von Europa, Asien und Amerika.

Anmerkung. Diese Familie ist durch die beerenartige Frucht mit wandständigen Placenten nahe verwandt mit derjenigen der **Cacteen**, welche sich aber selbst wieder davon durch den eigenthümlichen **Habitus**, die **Vielzähligkeit** der Blüthentheile und das **mangelnde** Eiweiss unterscheiden.

Ribes, Johannisbeere; der Gattungscharakter ist der für die Familie angegebene.

Ribes rubrum L., hat **kahle**, überhängende **Trauben** und **kahlen**, schüsselförmigen Unterkelch, spatelförmige Kelchlappen und

Fig. 402.



Fig. 403.

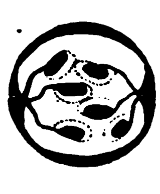


Fig. 402. Längsschnitt durch die Blüthe von **Ribes rubrum** L.
Fig. 403. Querschnitt durch die Frucht von **R. Grossularia** L.

Kronblättchen, eiförmige Bracteen, welche kürzer sind als die Blüthenstielchen; die Blätter sind fünflappig, nicht mit Drüsen besetzt, der Stamm unbewaffnet. — In Wäldern, bei uns in Gärten kultivirt. — Die reifen Früchte, Fructus Ribium, dienen zur Darstellung eines Syrups und enthalten neben Zucker, Pectin, ziemlich viel Aepfel- und Citronensäure.

R. nigrum L., die Ahl- oder Gichtbeere, hat schwarze, fein behaarte Früchte und mit Drüsen besetzte Blätter.

R. Grossularia L., Stachelbeere, hat unter den büschelig gestellten Blättern ein bis drei Dornen, ein- bis dreiblüthige Blüthenstiele mit zwei bis drei Bracteen und länglich zurückgeschlagene Kelchzipfel. — Kultivirt in zahlreichen Abarten.

Cucurbitaceae Juss.

§. 168. Rankende, kletternde oder kriechende Pflanzen (Kräuter) mit rauhen, zerstreuten Blättern ohne Nebenblätter, aber häufig mit seitlichen Ranken versehen; Blüthen diclinisch, Kelch fünftheilig, Blumenkrone fünflappig; männliche Blüthe: Staubgefässe fünf, der Korolle oder dem Unterkelch eingefügt, selten frei, meist zwei- bis dreibrüderig; Antheren linienförmig, dicht schlangenförmig gewunden (Fig. 297), nach aussen gewendet, dem fleischigen Connectiv angeheftet; weibliche Blüthe: Fruchtknoten unterständig, drei- bis sechsfächerig, mit wandständigen, den äusseren Winkeln der Fächer angehefteten, anatropen Eichen; Griffel einfach, mit drei bis fünf verdickten, gelappten oder gefransten Lappen; Frucht eine Kürbisfrucht (Pepo, Fig. 351) mit derber, lederartiger Schale, ursprünglich dreifächerig; die Scheidewände theilen sich gegen die Peripherie in zwei Lamellen, welche sich gegen die Fächer hereinschlagen und an ihren inneren Rändern an den dort befindlichen Samenleisten die Samen tragen; Samen wandständig, eiweisslos; Embryo gerade, mit blattartigen Cotylen. — Vorkommen: Meist in heissen Klimaten, nur die Zaunrübe bei uns verwildert. Bestandtheile: Schleimig-wässerige Säfte, süsse oder säuerliche, sowie bittere, drastisch wirkende sind vorwaltend, die Samen enthalten fettes Oel.

Officinelle Genera sind folgende:

Cucumis L., Gurke. — Blüthen monoecisch oder polygamisch; Korolle trichterförmig mit ausgebreitetem Saume; männliche Blüthe: Staubgefässe fünf, dreibrüderig; Antheren zusammenneigend geschlängelt, in zwei Windungen unter der Spitze des Connectivs befestigt; rudimentäres, drüsenförmiges Pistill; weibliche Blüthe: Sterile, zu einem Ring verwachsene Staubblätter; Griffel mit drei zweilappigen Narben; Samen zusammengedrückt, scharfrandig.

C. sativus L., die Gurke, hat einen steifhaarigen, kriechenden Stengel, herzförmige Blätter mit spitzen Lappen; Früchte länglich, höckerig. — Einheimisch in Indien, der Tartarei, bei uns kultivirt; früher benutzte man die Samen, Semen Cucumeris, medicinisch.

C. Melo L., Melone, unterscheidet sich durch den weichstacheligen Stengel, rund gelappte Blätter und kugelige Früchte, welche theils glatt sind, theils netz- oder knotenförmige Erhabenheiten auf der Fruchtschale zeigen. — In Südasien, Westindien einheimisch, bei uns in zahlreichen Varietäten kultivirt; die Samen, Semen Melonum, wurden früher wie die der vorigen Spezies benutzt.

Fig. 404.

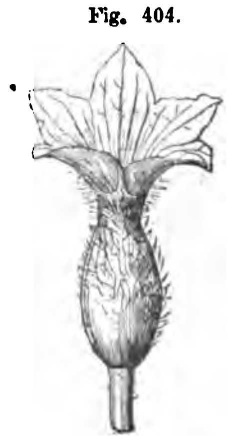


Fig. 404. Weibliche Blüthe von Cucumis Melo L.

Cucurbita L., Kürbis. Blüthen monoecisch; Krone trichterig-glockig. Männliche Blüthe: Staubgefässe dreibrüderig, nach oben verwachsen, Antheren schmal, der Länge nach in mehreren Windungen am Connectiv befestigt; rudimentäres Pistill schildförmig. Weibliche Blüthe: Sterile Staubfäden zu einem Ring verwachsen; Griffel dreitheilig, Narben zweilappig; Samen zusammengedrückt mit wulstigem Rand.

C. Pepo L., hat einen klimmenden, steifhaarigen Stengel und verästelte Ranken (Unterschied von Cucumis) und wird allenthalben in zahlreichen Varietäten kultivirt. Die Samen waren gleichfalls früher officinell.

Citrullus Schrad., Wassermelone. Blüthen monoecisch mit fast runder Blumenkrone; männliche Blüthe: Staubgefässe dreibrüderig; Antheren am Rande des geschlängelten Connectivs geschlängelt befestigt; weibliche Blüthe: drei bis fünf sterile Staubfäden; Griffel kurz, dreitheilig, mit herz-nierenförmigen Narben; Frucht kugelig; Samen zusammengedrückt mit stumpfem Rand.

C. Colocynthis Schrad., die Coloquinte, liefert in Syrien, auf den griechischen Inseln, in Aegypten etc. die officinellen Poma Colocynthidis, welche theils ungeschält, theils geschält im Handel erscheinen und wegen ihrer stark drastisch wirkenden Eigenschaften angewendet werden; sie enthalten: Colocynthin (Glycosid), Colocynthitin, bitteres fettes Oel, Gummi, Salze etc.

Echalium Rich., Eselsgurke, Springgurke. — Monoecisch, rankenlos; männliche Blüthe: Staubgefässe dreibrüderig, der Länge nach am Rande des S-förmigen

Connectivs befestigt; weibliche Blüthe: Griffel dreitheilig mit zweitheiligen Narben; Frucht länglich, weichstachelig, grün, bei der Reife sich freiwillig von dem Stiele trennend und die Samen nebst dem dieselben umgebenden, schleimigen Safte elastisch herausschleudernd. — Südeuropa.

E. Elaterium Rich., liefert durch Verdunsten des Saftes der Früchte das Elaterium; Bestandtheile: Elaterin, harzige und bittere Stoffe etc.

Bryonia L., Zaunrübe. — Monoecisch oder dioecisch; männliche Blüthe: Staubgefässe dreibrüderig; Antheren am Rande des gelappten Connectivs befestigt; weibliche Blüthe: Griffel dreitheilig mit kopfigen, zweilappigen Narben; Frucht eine kugelige, drei- bis sechssamige, nicht aufspringende Beere; Samen etwas zusammengedrückt mit schmalem Rande.

B. alba L., hat monoecische Blüthen, kahle Narben und schwarze Beeren; B. dioica L., ist dioecisch, die Narben behaart, die Beeren roth. — Erstere findet sich häufiger im östlichen, letztere Spezies im westlichen Europa und von beiden findet die Wurzel, Radix Bryoniae, noch mitunter medicinische Verwendung; sie enthält Bryonin nebst einem amorphen Bitterstoff, Gummi, Zucker, Amylum, Salze etc.

Anmerkung. Die Cucurbitaceen zeigen im Habitus grosse Verwandtschaft mit den Passifloreen; letztere unterscheiden sich jedoch durch die fünfblätterige Blumenkrone, welche zwitterig ist und eine aus zahlreichen fadenförmigen Gebilden bestehende Nebenkrone trägt, ferner durch das oberständige, gestielte Ovarium etc.; die Cucurbitaceen bilden mit der Familie der Begoniaceen und Nhandirobeen die XLVI. Klasse der Peponiferae Endlicher's.

Umbelliferae Juss.

§. 169. Diese schon durch den Habitus ihre Zusammengehörigkeit beweisende Familie besteht grossentheils aus Kräutern oder Halbsträuchern mit gewöhnlich hohlem Stengel, abwechselnden, gewöhnlich vielfach fiederschnittigen, an der Basis scheideartigen Blättern (Fig. 142); Blüthen klein, zwitterig, in Dolden (Fig. 211); Kelch vollständig mit dem Fruchtknoten verwachsen, mit fünfzähnigem, oft undeutlichem Saume; Kronblätter fünf, epigynisch, ganzrandig, ausgerandet oder zweilappig oder an der Spitze eingeschlagen (Fig. 405), oft ungleich (Fig. 406) und dann die am Rande der Dolde stehenden grösser; Staubgefässe fünf mit den Kronblättern abwechselnd, unter dem Rande der epigynen Scheibe (Griffelpolster, Stylopodium) eingefügt; Fruchtknoten unterständig, zweifächerig oder aus zwei von dem Griffel-

Fig. 405.

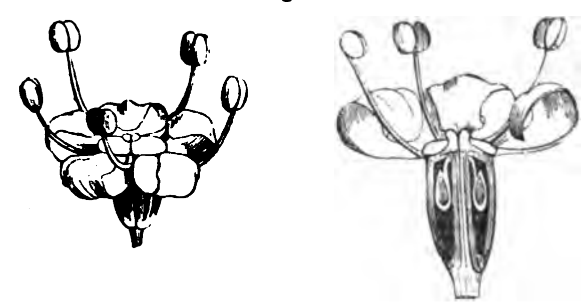


Fig. 405. Blüthe von Foeniculum nebst Längsschnitt durch dieselbe.

polster gekrönten Carpellen bestehend; Griffel zwei, divergirend, mit einfacher Narbe; Frucht eine Spaltfrucht (Schizocarpium), aus zwei Theilfrüchtchen (Mericarpia) zusammengesetzt, welche sich an der Berührungsfläche (Commissura) meist bei der Reife theilen und an dem zwischen beiden Hälften gelegenen, gewöhnlich gabelförmig getheilten Fruchtträger (Carpophorum) herabhängen (Fig. 339); (bezüglich der detaillirten Beschreibung der Früchte vergleiche man pag. 148 u. ff., sowie die Abbildungen Fig. 340—344); Samen hängend, mit sehr kleinem, in der Spitze des fleischigen Eiweisses eingeschlossenem Embryo. — Die grosse Uebereinstimmung im Bau macht es oft schwierig, die einzelnen Gattungen genau von einander zu unterscheiden, weshalb man versucht hat durch Aufstellung von Unterordnungen, die man auf die Form des Eiweisses auf den Querschnitt gründete und durch weitere Abtheilungen in Unterfamilien die Unterscheidung zu erleichtern; die drei Unterordnungen der Orthospermae, Campylospermae und Coelospermae sind bereits mit Abbildungen auf pag. 150 definirt; die Diagnose der betreffenden Unterfamilien werden wir den betreffenden Abtheilungen voranstellen. — Vorkommen: Besonders in der nördlichen Hemisphäre, in Europa, Asien und Amerika. — Eigenschaften: Vorwaltend ätherische Oele, Harze, fettes Oel im Eiweiss der Samen etc.; das Coniin ist das einzige sicher bekannte Alkaloid dieser Familie und findet

Fig. 406.

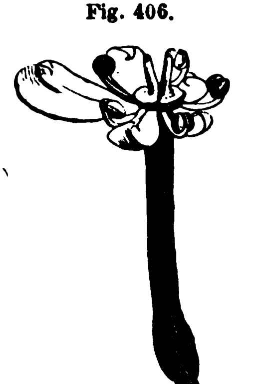


Fig. 406. Randblüthe von Scandix.

sich in eigenen quadratischen Zellen zwischen den Samen und dem Fruchtgehäuse abgelagert, während dem letzteren die Oelstriemen mangeln.

Alle Umbelliferen gehören der zweiten Ordnung der fünften Klasse Linné's an mit Ausnahme von Lagoecium cuminoides Lin., welche Pflanze nur einen Griffel hat.

I. Unterordnung. Orthospermae Koch (Fig. 341), Geradsamige. Eiweiss auf der Commissuralfläche eben oder fast eben.

a) Hydrocotyleae; Frucht von der Seite her zusammengedrückt; Kronblätter ganzrandig, zugespitzt; Spitze gerade oder kaum eingerollt.

Hydrocotyle Tourn., Wassernabel; Kelchrand undeutlich; Kronblätter ganzrandig, eiförmig, mit geradem Endläppchen; Frucht ohne Oelstriemen; die mittleren Joche gebogen, die äusseren undeutlich.

H. vulgaris L., hat neunnervige, kreis-schildförmige Blätter und fünfzählige Blüthen. — Auf sumpfigen Plätzen.

H. asiatica L., hat kreisrunde, nierenförmige Blätter, welche nur siebennervig sind und drei- bis vierzählige Blüthen. — Das Kraut, Herba H. asiaticae, ist in Nordamerika officinell und enthält: Vellarsin (flüchtigen, flüssigen Stoff), Hydrocotylin (krystallinisch), Hydrocotylsäure, Oel, Harz, Zucker, Gerbstoff etc.

b) Ammineae. Frucht von der Seite her zusammengedrückt, nur mit Hauptriefen versehen.

Petroselinum Hoffm. — Kelchrand undeutlich; Kronblätter rundlich, einwärts gerollt, ganz, kaum ausgerandet, in ein eingebogenes Läppchen verlängert; Früchte eiförmig, mit fünf fadenförmigen Riefen, die seitlichen randend; Thälchen mit einem erhabenen Oelstriemen, Fruchtträger gabelig (Unterschied von Apium).

P. sativum Hoffm., Petersilie, hat einen eckigen Stengel, langgestielte, oberseits glänzende, dreifach fiederschnittige, kahle, unterseits matte Blätter, deren obere Fiedern gedreit, lanzettförmig, fast ganzrandig, die unteren eikeilförmig, dreispaltig, gezähnt sind. Die grünlichen Blüthchen haben Hüllchen, welche kürzer sind als die Döldchen. (Unterschied von Aethusa Cynapium L., welche sich noch durch den runden Stengel und die unterseits glänzenden Blätter charakterisirt.) Kultivirt; stammt aus dem Orient, Südeuropa und dient sowohl in der Küche, wie die Früchte, als Fructus Petroselini, in der Medicin; letztere enthalten: Aetherisches Oel, Apiol, Fett, Gerbstoff, Pectin, Salze etc.; ebenso die Wurzel, Radix Petroselini, welche neben ätherischem Oel noch Schleim und Zucker enthält.

Cicuta L., Wasserschierling. — Dolden ohne Hülle, aber mit Hüllchen; Kelchrand fünfzähnig, bleibend; Kron-

blätter verkehrt eiförmig mit eingeschlagenem Endläppchen; Früchte fast kugelig mit fast ebenen Riefen, die seitlichen etwas grösser; Thälchen einstriemig mit erhabenen Striemen.

C. virosa L., hat einen quergefächerten Wurzelstock, einen fast stielrunden, flach gerillten, hohlen Stengel; die Blätter sind zwei- und dreifach fiederschnittig, die Fiederschnitte länglich lanzettlich, gesägt; Dolden ausser der Achse liegend oder blattgegenständig. — Man unterscheidet zwei Varietäten α) latifolia mit breitlanzettförmigen Blättchen, auf feuchten Standorten vorkommend, und β) angustifolia, auf Torfwiesen, mit linienlanzettlichen Blättchen. — Früher war das Kraut officinell, Herba Cicutae virosae; die Bestandtheile sind ausser dem flüchtigen Oele und scharf narkotischen Safte des Wurzelstocks nicht genauer bekannt.

Apium L., Selleri. Kelchrand undeutlich; Frucht fast kugelig, kahl mit fadenförmigen Riefen; Thälchen mit zwei bis drei Striemen; Fruchtträger ungetheilt. (Unterschied von Petroselinum.)

A. graveolens L. — Blätter glänzend, die unteren doppelt fiedertheilig; Blättchen eingeschnitten gesägt, keilförmig, die oberen gedreit. — Bei uns kultivirt und dann mit dicker fleischiger Wurzel versehen, während die wilde, an der Seeküste vorkommende Form eine dünne, möhrenförmige, angeblich giftige Wurzel besitzt.

Carum L., Kümmel. — Kelchsaum undeutlich; Kronblätter verkehrt herzförmig mit eingeschlagenen Endläppchen; Griffelpolster gewölbt, am Rande niedergedrückt; Frucht länglich, mit fadenförmigen Riefen und einstriemigen Thälchen; Fruchtträger frei, gabelig getheilt.

C. Carvi L., der gemeine Kümmel, besitzt einen kantig gerieften Stengel, doppelt fiedertheilige Blätter mit vieltheiligen Fiedern, von welchen die untersten kreuzweise stehen; Dolden ohne Hülle und Hüllchen. — Auf Wiesen durch ganz Europa, wie auch kultivirt. — Officinell sind die Früchte, Fructus Carvi, welche die gewöhnlichen Bestandtheile der Umbelliferen, nämlich ätherisches und fettes Oel enthalten.

Pimpinella L., Bibernell. — Dolden ohne Hüllen und Hüllchen; Frucht eiförmig, von der Seite her zusammengedrückt; Riefen fadenförmig; Thälchen drei-, vier und vielstriemig, ebenso die Commissuralfläche; Fruchtträger frei, gabelig.

P. Anisum L., Anis; Stengel gestreift, etwas rauh, grundständige Blätter, herzförmig, rundlich, oft dreilappig, eingeschnitten gesägt; obere Blätter dreispaltig, ungetheilt linienförmig-lappig; Frucht eirund, schwach weichhaarig. — Im Orient, Griechenland etc., bei uns kultivirt. — Officinell sind die Früchte, Fructus Anisi, welche hauptsächlich ätherisches Oel, fettes Oel, Zucker, Gummi etc. enthalten.

P. magna L. — Stengel kantig-furchig; grundständige Blätter fiedertheilig, Blättchen länglich, zugespitzt. — Auf Wiesen, an Waldrändern; lieferte früher die Radix Pimpinellae majoris.

P. Saxifraga L. Stengel rund, gestreift, kahl oder behaart; Blätter wie bei der Vorigen; Blättchen rundlich, abgestumpft, getheilt oder ungetheilt; variirt sehr in Beziehung auf die Form der Fiederblättchen. — Die Wurzel ist die Radix P. albae der Pharmacopoeen. Bestandtheile: Aetherisches Oel, harzige Stoffe, Zucker, Amylum, Salze etc.

c) Seselineae – Früchte stielrund oder fast stielrund; Theilfrüchtchen fünfriefig; Riefen fädig, oder geflügelt; die seitlichen randend.

Foeniculum Hoffm., Fenchel; Kelchrand undeutlich; Kronblätter rundlich, ganzrandig, in ein eingerolltes, fast viereckiges Läppchen endend; Frucht länglich, stielrund, mit herabgebogenen Griffeln; Riefen vorspringend, etwas gekielt, Thälchen einstriemig, Fruchtträger gabelig, frei.

F. officinale All., Stengel rund, gestreift, blaugrün bereift; Blätter vielfach zusammengesetzt, mit fadenförmigen, langen, gabelspaltigen Zipfeln. Dolden reichstrahlig, Blüthen gelb, ohne Hülle. (Anethum, zu welcher Gattung Linné den Fenchel als Anethum Foeniculum zog, unterscheidet sich durch die vom Rücken her zusammengedrückte Frucht). — In Südeuropa wild, häufig bei uns kultivirt. — Die Früchte sind die Fructus Foeniculi, enthaltend ätherisches Oel, fettes Oel, Harz etc.; auch die Wurzel ist officinell als Radix Foeniculi, und enthält ein von dem der Früchte abweichendes ätherisches Oel.

Oenanthe Lam. — Rebendolde. Kelchsaum fünfzähnig; Kronblätter verkehrt eirund mit eingeschlagenem Endläppchen; Frucht cylindrisch, fast kreiselförmig, mit aufrechten Griffeln; Riefen convex, die seitlichen breiter, randend; Thälchen einstriemig; Fruchtträger mit den Mericarpien verwachsen.

O. Phellandrium Lam., Wasserfenchel; Stengel stielrund mit zahlreichen, ausgebreiteten Aesten; Blätter mehrfach fiederspaltig; Blättchen der untergetauchten Blätter mit dünnen, pfriemlichen Zipfeln, die der aufgetauchten (über der Wasserfläche befindlichen) Blätter eiförmig, fiedertheilig, ausgespreizt. Dolden blattgegenständig; Hülle fehlend oder wenigblätterig; Hüllchen kurz. — In Gräben und Sümpfen. — Officinell sind die Früchte, Fructus Phellandri s. Foeniculi aquatici. — Bestandtheile: Die gewöhnlichen der Umbelliferen.

Aethusa L., Gleisse. — Kelchsaum undeutlich; Früchte fast kugelig, mit gekielten, dicken, vorspringenden Riefen, einstriemigen Thälchen und getheiltem Fruchtträger.

A. Cynapium L., Hundspetersilie, wird als eine Verwechslung mit Conium aufgeführt, unterscheidet sich aber durch die Frucht, den nicht hohlen Stengel, die unterseits heller glänzenden Blätter mit lanzettlichen Blättchen und durch die drei Hüllblättchen, welche länger sind als die Döldchen; dagegen hat sie mit Conium den Mangel der Behaarung gemein.

d) Angeliceae. Frucht vom Rücken her zusammengedrückt, am Rande geflügelt, fünfriefig.

Archangelica Hoffm. — Kelchsaum fünfzähnig; Kronblätter elliptisch, ganz, zugespitzt, an der Spitze etwas eingeschlagen; Rückenriefen gekielt, seitliche Riefen klaffend, geflügelt. — Samen frei im Fruchtgehäuse, letzteres vielstriemig.

A. officinalis Hoffm., Engelwurz. — Stengel stielrund, gerillt; Blüthen grünlich; Blätter doppelt fiedertheilig; Blättchen eirund oder fast herzförmig, gesägt; Endblättchen dreilappig. — Auf feuchten, gebirgigen Stellen im mittleren oder in Niederungen des nördlichen Theils von Europa. — Officinell ist die Wurzel, Radix Angelicae, welche Angelicin (Stearopten), Angelica- und Baldriansäure (Angelicabalsam), ätherisches Oel, Bitterstoff, Stärke etc. enthält.

Das Linné'sche Genus Angelica unterscheidet sich durch den mit dem Fruchtgehäuse verwachsenen Samen.

Levisticum Koch., Liebstöckel; unterscheidet sich von Archangelica durch den undeutlichen Kelchsaum, durch die an den Seiten breit, am Rücken schmal geflügelten, am Rande klaffenden Früchte mit einstriemigen Thälchen.

L. officinale Koch., liefert die Radix Levistici, welche hauptsächlich ätherisches Oel und harzige Bestandtheile enthält.

e) Peucedaneae. Frucht vom Rücken her flach oder linsenförmig zusammengedrückt; Theilfrucht mit dicht anschliessenden Rändern, daher einflügelig, fünfriefig.

Von den hierher gehörigen offizinellen, sämmtlich aussereuropäischen Gattungen nennen wir:

Ferula erubescens Bois, die Stammpflanze des Mutterharzes, Galbanum, in Persien, während auch F. Schair Bors. in der Kirgisensteppe nördlich von Syr Darja, ein ähnliches Gummiharz liefert; dasselbe enthält: Aetherisches Oel, Gummi, Harz, Aepfelsäure etc.

Narthex Falc., unterscheidet sich von Ferula, deren Früchte in den Thälchen zwei, an der Commissuralfläche vier bis sechs Striemen tragen, durch einstriemige Thälchen des Rückens der Früchte, während die seitlichen zweistriemig sind. — N. Asa foetida Falc., in dem Thale von Astore im steinigen Arabien, in Beludschistan, dem Punjab etc., liefert wahrscheinlich eine aus Ostindien kommende Sorte

von Gummiresina Asa foetida, Stinkasant, welcher auf der Bruchfläche nicht die bei dem gewöhnlichen Stinkasant charakteristische Färbung annimmt.

Scorodosma Bunge ist von Narthex verschieden durch monoecische Blüthen, blattlose Stengel und striemenlose Früchte; S. foetidum B., am Oxus, um Turkistan, in Nordpersien, Khorassan, südlich bis zum Littorale des persischen Meerbusens, ist wohl die Kaempfer'sche Stinkasantpfanze, von welcher gewöhnlich diese Drogue geliefert wird. — Der Stinkasant, Gummiresina Asa foetida, wird gewonnen durch Einschnitte und zeitweises Abtragen von Querscheiben der blosgelegten Wurzel nach Abschneiden des Stengels; der reichlich austretende Milchsaft wird nach dem Eintrocknen gesammelt und bildet dann diese Drogue; letztere enthält: Aetherisches, schwefelhaltiges Oel, Harz, Gummi, Bassorin, Salze etc.

Anethum. Tourn. Dill. — Kelchsaum undeutlich; Kronblätter rundlich, eingerollt, ganzrandig mit seicht ausgerandetem Endläppchen; Frucht linsenförmig mit verbreitertem, ebenen Rande und fadenförmigen Riefen; Thälchen einstriemig; Fruchtträger gabelig; Hülle und Hüllchen fehlend.

A. graveolens L. hat einen runden, weisslich und grün gestreiften Stengel, zwei- bis dreifach fiederspaltige Blätter mit linienförmigen Lappen und gelbe Blüthen. — In Südeuropa, bei uns kultivirt; die Früchte dienen als Gewürz.

Von Opopanax Chironium Koch, der Panaxpflanze Kleinasiens und Südeuropas stammt das obsolete Panax-Gummi, Gummi resina Opopanax; von Dorema Ammoniacum Don, einer in diese Unterfamilie gehörenden Doldenpflanze Persiens, Armeniens etc. stammt die Gummiresina Ammoniacum, welche hauptsächlich ätherisches Oel, Harz, Gummi etc. enthält.

Imperatoria L. Meisterwurz. — Kelchsaum undeutlich; Flügel der Frucht sehr breit; Thälchen ein- bis dreistriemig, Commissuralfläche zwei- bis sechsstriemig; Hülle fehlend, Hüllchen hinfällig.

I. Ostruthium L., hat einen schwach gerillten Stengel; dreifach dreitheilige Blätter, mit breiten, eirunden, eingeschnitten gesägten Abschnitten. — Auf feuchten Gebirgswiesen des mittleren und südlichen Europas. — Die Wurzel, Radix Imperatoriae s. Ostruthii, enthält das Camphorid Imperatorin, ätherisches Oel, Harz etc.

f) Cumineae; Frucht von der Seite her zusammengedrückt; Hauptriefen fadenförmig, die seitlichen randständig und wie die Nebenriefen vorspringend, sämmtlich ungeflügelt.

Cuminum L., Mutterkümmel; Kelchsaum fünfzähnig; Frucht länglich; Hauptriefen kurzborstig, Neben-

riefen weichstachelig, Oelstriemen einzeln, unter den letzteren.

C. Cyminum L., hat röthliche Blüthen, dreifach vielschnittige Blätter mit borstig linienförmigen Lappen; Hüllchen über die Früchtchen hinausragend. — In Nordafrika, in Südeuropa kultivirt. — Die Früchte bilden die obsoleten Fructus Cumini, welche neben ätherischem Oel, Harz, fettem Oel noch Essigsäure und äpfelsaure Salze etc. enthalten.

g) Daucineae. Früchte stielrund, häufiger vom Rücken her zusammengedrückt, mit fünf kurzborstigen Hauptriefen, von welchen die seitlichen auf der Berührungsfläche liegen, und mit vier stärker vorspringenden gestachelten Nebenriefen.

Daucus Lin. Mohrrübe; Kelchsaum fünfzähnig; Kronblätter ungleich; das äusserste der Randblüthen grösser, zweispaltig, die beiden daneben stehenden durch ungleiche Lappen unregelmässig.

D. Carota L., hat eine reichstrahlige, flache oder gewölbte Dolde, welche sich nach dem Verblühen zusammenzieht und dann concav wird. — Man unterscheidet eine wilde Art, silvestris, mit weisser, zäher, dünnspindeliger Wurzel, und eine kultivirte, sativa, mit dicker fleischiger, gelber oder gelbrother Wurzel. — Officinell ist die Wurzel der letzteren Art, die bekannte gelbe Rübe, welche als Gemüse genossen wird und auch zur Darstellung eines Roob Dauci dient.

II. Unterordnung. Campylospermae (pag. 150).

a) Scandicineae; Frucht von der Seite zusammengedrückt oder zusammengezogen, oft geschnäbelt; Hauptriefen fadenförmig, oft nur am Schnabel deutlich.

Anthriscus Hoffm. Kerbel; Frucht geschnäbelt, an den Seiten eingezogen, ohne Riefen und Oelstriemen; Fruchtträger oben getheilt.

A. silvestris Hoffm., wilder Kerbel, hat einen flach gefurchten Stengel; Blätter mit rauhen Scheiden, doppelt und dreifach fiedertheilig mit länglichen zugespitzten Blättchen; Schnabel der Frucht nur $1/4$ der Länge der letzteren zeigend. — Auf Wiesen, an Waldrändern etc.; das Kraut wird noch zuweilen als Herba Chaerophylli angewendet.
A. Cerefolium Hoffm., hat einen gestreiften Stengel; Blätter dreifach fiederspaltig, auf der unteren Fläche glänzend mit ovalen Blättchen; Schnabel der Frucht halb so lang als letztere. — Im südlichen Europa, bei uns verwildert und kultivirt. — Das Kraut dient in der Küche und war früher als Herba Cerefolii officinell.

Chaerophyllum L., Kälberkropf, unterscheidet sich von dem

vorigen Genus durch die undeutlich geschnäbelte Frucht mit einstriemigen Thälchen und stumpfen Riefen.

Ch. bulbosum L., knolliger Kälberkropf, unterscheidet sich, ausser durch die knollige Wurzel, durch die linear-lanzettlichen zugespitzten Blättchen und die unterseits behaarten Blätter und Blattspindeln.

Ch. temulum L., hat einen braun oder violett gefleckten Stengel und auf beiden Flächen behaarte Blätter mit länglich eirunden Blättchen.

Ch. aureum L., Stengel wie bei der vorigen Art, Blätter dreifach gefiedert, Blättchen eirund lanzettlich, am Grunde fiederspaltig, an der vorgezogenen Spitze einfach gesägt; die ganze Pflanze mehr oder weniger behaart.

Alle diese Spezies werden als Verwechslungen mit Herba Conii aufgeführt, unterscheiden sich aber schon durch die Behaarung, die Tracht, die Fruchtform etc.

b) Smyrneae: Frucht ungeschnäbelt, meist von der Seite her zusammengedrückt oder zusammengezogen; Theilfrüchtchen fünfriefig, Riefen oft undeutlich.

Conium L., Schierling. Kelchsaum undeutlich; Kronblätter verkehrt herzförmig mit sehr kurzem eingeschlagenem Endläppchen; Frucht eiförmig mit vorspringenden, wellig gekerbten Riefen, die seitlichen randend; Thälchen ohne Oelstriemen; Eiweiss auf dem Querschnitt mit tiefer Furche; Fruchtträger an der Spitze getheilt.

C. maculatum L., gefleckter Schierling. Ganze Pflanze kahl, von widerlichem Geruch; Stengel rund, aussen zart gerillt, innen hohl, nur an den Knoten geschlossen; meist purpurroth gefleckt; Blätter schlaff, drei- bis vierfach fiederspaltig, oberseits matt dunkelgrün, unterseits heller, mit ovalen, eingeschnitten gesägten Lappen; Sägezähne breit, stumpf, in eine weisse Stachelspitze endend; Blättchen des Hüllchens lanzettlich, kürzer als die Döldchen (Unterschied von Aethusa Cynapium). — Auf Aeckern, Schutthaufen. Officinell ist das Kraut, Herba Conii s. Cicutae terrestris; Bestandtheile: Coniin, an Aepfelsäure gebunden; flüchtiges Oel, Harz, Salze etc.

III. Unterordnung. Coelospermae (p. 150).

a) Coriandreae; Frucht kugelig oder zweiknöpfig; Theilfrüchtchen neunriefig; die Hauptriefen sehr flach, geschlängelt oder durch eine undeutliche Furche ersetzt, die seitlichen vor dem Rande stehend; Nebenriefen stärker hervortretend, gerade.

Coriandrum L., Coriander. Kelch fünfzähnig; Kronblätter verkehrt herzförmig, mit eingebogenen Endläpp-

chen, die äusseren zweispaltig, grösser und länger; Frucht wie unter Coriandreae angegeben, verkehrt eirund; Fruchtträger an der Spitze und am Grunde der Frucht angewachsen; Eiweiss vorn ausgehöhlt und von einer kielartig vorstehenden Membran bedeckt.

C. sativum L., Gemeiner Coriander; Pflanze kahl mit stielrundem Stengel; die untersten Blätter gefiedert mit rundlichen, eingeschnitten gesägten Blättchen, die oberen doppelt gefiedert mit eirunden, nach der Basis verschmälerten Blättchen, die obersten dreifach und doppelt fiedertheilig mit schmalen, linealen, ganzrandigen Zipfeln; Dolde drei- bis fünfstrahlig, ohne Hülle; Hüllchen halbirt, aus drei linealen Blättchen bestehend. — In Südeuropa, bei uns kultivirt. Die Früchte, Fructus Coriandri, dienen als Gewürz und enthalten die gewöhnlichen Bestandtheile der Umbelliferen-Früchte.

Araliaceae Juss.

§. 170. Bäume und Sträucher, sehr selten Kräuter mit zerstreuten oder wirtelständigen Blättern ohne Nebenblätter; Blüthen in rispigen oder traubigen Dolden; Kelch ganzrandig oder gezähnt; Kronblätter fünf bis zehn, selten fehlend, in der Knospe klappig; Staubgefässe so viele als Kronblätter oder in doppelter Anzahl. epigynisch; Fruchtknoten unterständig, zwei- bis vielfächerig mit einzelnen, hängenden oder anatropen Eichen; Griffel so viele als Facher; Frucht eine Beere oder eine drei- oder fünffächerige, von einem Griffelpolster und dem Kelche gekrönte Steinfrucht. — Vorkommen: In allen Klimaten und Weltgegenden.

Hierher gehören:

Hedera Helix L., der Epheu, mit kriechendem oder durch Luftwurzeln klimmendem Stamm, fünfzähliger Blüthe und fünffächeriger Beere, welcher in Südeuropa nach Einschnitten in den Stamm das obsolete Epheuharz liefert.

Panax L., Ginsengpflanze, mit polygamischen Blüthen und zwei- bis dreifächeriger Steinfrucht; die Spezies P. Schinseng Nees, in Nepal, Correa etc. liefert die in China hochgeschätzte Ginsengwurzel, Radix Schinseng chinensis, während P. quinquefolium L., in Nordamerika, die in Amerika gebräuchliche Radix Ginseng americanus bietet.

Anmerkung. Diese Familie ist nahe verwandt mit den Umbelliferen, von welchen sie sich aber durch den unvollkommen doldenartigen Blüthenstand und die abweichende Frucht unterscheidet; sie bildet mit den Umbelliferen den medicinisch unwichtigen Loranthaceen, Ampelideen etc. die XL. Klasse Endlicher's, Discanthae.

Caprifoliaceae Juss.

§. 171. Sträucher, höchst selten Kräuter mit gegenständigen Blättern, oft ohne Nebenblätter; Kelch vier- bis fünftheilig, Blu-

menkrone fünftheilig, in der Knospe geschindelt; Staubgefässe fünf, seltener vier; Narben so viele als Fächer im Ovarium; Fruchtknoten unterständig oder halbunterständig, drei- bis fünffächerig; Eichen einzeln, umgewendet; Frucht eine Beere oder Steinfrucht, selten trocken, oft durch Fehlschlagen einfächerig, Fächer ein- oder vielsamig; Samen eiweisshaltig mit achsenständigem Embryo. Vorkommen: Im nördlichen Theile von Asien, Europa und Amerika.

Zur leichteren Uebersicht theilt man diese Familie in mehrere Unterfamilien, von welchen nur die beiden folgenden für uns Interesse darbieten:

a) Sambuceae: Fächer des Fruchtknotens eineiig;
b) Lonicereae: Fächer des Fruchtknotens vieleiig.

a) Sambuceae.

Sambucus Tourn., Hollunder. Blätter fiedertheilig; Blüthen in Trugdolden; Kelch vier- oder fünfspaltig, klein; Blumenkrone radförmig, vier- bis fünflappig; Staubgefässe vier bis fünf; Narben drei bis fünf, sitzend, kopfförmig; Steinfrucht kugelig, mit drei, seltener fünf knorpeligen Steinfächern.

S. nigra L., baumartig, mit weissem Mark; Blättchen gekerbt gesägt mit pfriemlichen, hinfälligen Nebenblättern; Trugdolde fünfstrahlig; Blüthen gelblich mit citrongelben Antheren. — Durch ganz Europa. — Officinell sind die Blüthen und Früchte, Flores et Fructus Sambuci; erstere enthalten: Flüchtiges Oel, Harz, Gerbstoff, stickstoffhaltige Materie, Gummi, Salze etc.; die Beeren: Zucker, Aepfelsäure, Gummi, Farbstoff etc. In der Mittelrinde der Aeste hat man Baldriansäure (Viburnumsäure), Spuren von ätherischem Oele, Harz, Fett, Traubenzucker, Gummi und Salze gefunden und soll dieselbe purgirend und emetisch wirken.

L. racemosa L., unterscheidet sich durch das gelblichbraune Mark, eiförmigen Blüthenstand (Thyrsus) und drüsenartige Nebenblätter.

S. Ebulus L., Attich, hat eine dreistrahlige Trugdolde, rothe Antheren und krautartigen Stengel. — Man verwendet noch mitunter die Früchte zu einem Roob Ebuli.

b) Lonicereae.

Lonicera Desf., Geisblatt. Blüthen unregelmässig, fünftheilig; Kelch fünfzähnig; Blumenkrone röhrig oder trichterförmig, am Grunde höckerig; Fruchtknoten dreifächerig, Fächer vieleiig; Beere saftig, ein- bis dreifächerig mit armsamigen Fächern.

L. Caprifolium L. Aeste windend; Blätter länglich, oberseits glänzend, unterseits kahl, abfallend, die obersten zu zwei verwachsen und vom Stengel durchbohrt. — In Südeuropa.

L. Periclymenum L., unterscheidet sich durch ovale, am Grunde

verschmälerte Blätter, von welchen die obersten klein, nicht verwachsen sind. — Die Stengel werden als häufige Verwechslung mit den Stipites Dulcamarae bezeichnet, sind aber von diesen schon leicht durch die gegenüber stehenden Blattnarben zu unterscheiden.
L. Xylosteum L., unterscheidet sich durch aufrechte Aeste und durch die zu zweien am Grunde verwachsenden Beeren.

Rubiaceae Juss.

§. 172. Bäume oder Sträucher, seltener Stauden oder Kräuter, mit gegenständigen Blättern und Nebenblättern (bei den Stellatae sind die Blätter einfach, quirlständig); Blüthen meist regelmässig in Trugdolden, Rispen oder Köpfchen; Kelch oberständig, regelmässig, vier- bis fünftheilig; Blumenkrone oberständig, verwachsenblätterig, mit vier- bis fünfspaltigem Saum, gewöhnlich regelmässig, mit klappiger, selten gedrehter Knospenlage; Staubgefässe soviel als Kronzipfel, epipetal, mit den Zipfeln abwechselnd; Fruchtknoten unterständig, zweifächerig, gekrönt von einer fleischigen, epigynen Scheibe; Eichen zahlreich, an der Mittelachse befestigt oder einzeln, aufsteigend, gegenläufig; Griffel einer, mit zweispaltiger Narbe; Frucht eine Kapsel, Beere oder Steinfrucht mit ein-, häufiger mehrsamigen Fächern; Samen eiweisshaltig, mitunter geflügelt (wie bei Cinchona); Embryo in der Achse eines fleischigen oder hornartigen Eiweisses, gerade oder gekrümmt, mit blattartigen Cotylen mit geradem, häufig nach oben gewendetem Würzelchen. Wir haben hier folgende Unterfamilien zu berücksichtigen:

a) Stellatae; Blätter und Nebenblätter von gleicher Grösse, wirtelständig; Blüthe meist vierzählig; Früchte zweiknöpfig, Knöpfe einsamig; Eiweiss hornartig. Finden sich in der nördlichen Hemisphäre an kühlen Stellen, in der südlichen auf Bergen.
b) Coffeaceae: Blätter gegenständig; Blüthen fünfzählig; Steinfrucht mit zwei einsamigen Steinkernen; Samen am Rücken convex, auf der Bauchseite flach und mit einer schräg der Länge nach in das hornartige Eiweiss eintretenden Furche. — Meist in Tropengegenden.
c) Cinchonaceae: Blätter gegenständig mit Nebenblättern; Frucht eine zweifächerige, vielsamige, aufspringende Kapsel; Samen mit fleischigem Eiweiss. — Zum grössten Theil in den Gebirgen Südamerikas, einige in Indien.

Officinelle Glieder sind:

a) Stellatae.

Rubia L., Färberröthe. Kelchsaum undeutlich; Blumen-

krone glockig oder radförmig; Beere fast kugelig, zwei-, selten einfächerig.

R. tinctorum L., gemeine Färberröthe, Krapp. Stengel krautartig, vierkantig, an den Kanten rückwärts feinstachelig; Blätter wirtelig, fünf- bis sechszählig, länglich lanzettlich, am Rande und am Mittelnerv feinstachelig. — Im Orient, Südeuropa, in Deutschland, dem Elsass, Holland kultivirt. Die Wurzel, Krappwurzel, Radix Rubiae tinctorum, dient hauptsächlich in der Färberei und enthält: Ruberythrinsäure, welche sich in Alizarin und Zucker spaltet, Rubichlorsäure, Purpurin, Zucker, Fett, Citronensäure, Kalksalze etc.

Fig. 407.

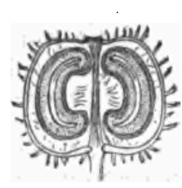


Fig. 407. Längsschnitt durch die Frucht von Rubia.

R. Munjista Roxb. unterscheidet sich durch die fünfzählige Blüthe, den rauhhaarigen Stengel, vierzählige Blätter, welche herzförmig, zugespitzt, siebennervig sind. — In Ostindien, Japan etc. Dient wie die vorige, mit der sie auch im Allgemeinen in den Bestandtheilen übereinstimmt; sie enthält ausserdem noch das Munjistin.

Asperula Linn., Waldmeister; Kelchsaum undeutlich; Blumenkrone trichterförmig, drei- bis fünf-, meist aber nur vierspaltig; Frucht trocken, zweiköpfig, spaltbar, die Halbfrüchte fast halbkugelig, Samen kugelig.

A. odorata L.; Stengel aufrecht vierkantig, einfach an den Knoten behaart; Blätter länglich lanzettlich, kahl, glänzend; Blüthen gipfelständig in wiederholt gabeligen Trugdolden; Früchte hakig weichhaarig. — In schattigen Wäldern. — Die blühenden Stengel, bekanntlich zur Herstellung des Maitranks dienend, waren früher als Herba Matrisylvae officinell und enthalten: Tonkasäure, Citronen-, Gerb-, Aspertann- und Rubichlorsäure.

Galium L., Labkraut, unterscheidet sich durch die radförmige Corolle, welche meist viertheilig ist; die Frucht ist wie bei Asperula, die Samen aber mit einer Längsgrube versehen.

b) Coffeaceae.

Coffea L., Kaffeebaum. Kelchsaum kurz, vier- bis fünfzähnig; Blumenkrone trichterförmig, Saum vier- bis fünftheilig; Staubgefässe vier bis fünf, Griffel zweispaltig; Frucht eine Beere mit zwei pergamentartigen Steinkernen.

C. arabica L., hat kahle, längliche, zugespitzte Blätter, achselständige, gehäufte, kurze Blüthenstiele und ovale Steinbeeren. — Die ursprüngliche Heimath des Kaffeebaums ist nach Unger in Aethiopien, den Gallasländern, im mittleren Afrika zu suchen, von wo er erst nach Arabien und von da nach seinen jetzigen Kulturgegenden in Ost- und Westindien, Central- und Südamerika gelangte, wo Brasilien jetzt grosse Mengen erzeugt. — Die Samen enthalten Coffeïn, Kaffeegerbsäure, Viridinsäure, Kaffeesäure, Fett, Zucker, ein flüchtiges, flüssiges Oel etc. Andere angeblich in ihrer Heimath verwendete Spezies haben für uns keine Bedeutung.

Psychotria L., zeigt viel Aehnlichkeit mit Coffea, ist aber strauchartig und die Frucht genabelt; P. emetica Mat.,

von den Ufern des Magdalenenstromes liefert die obsolete Radix Ipecacuanhae nigrae s. striatae, arm an Emetin.

Cephaelis Sw., hat kopfförmige, endständige Blüthenstände mit vier bis sechs Bracteen und eiförmige Steinfrüchte mit harten Steinkernen.

C. Ipecacuanha Willd., in den Wäldern von Rio Janeiro bis Pernambuco, liefert die officinelle Brechwurzel, Radix Ipecacuanhae annulatae, welche Emetin, Ipecacuanhasäure, Spuren flüchtigen Oeles, Harz, Gummi, Zucker, Fett etc. enthält.

Von Richardsonia scabra St. Hilaire in Brasilien kömmt die wollige, mehlige Brechwurzel, Radix Ipecacuanhae undulatae s. farinosae von schwacher Wirkung; von Chiococca-Arten, namentlich von Ch. densiflora Mart., racemosa Jacq., anguifuga Mart. etc. stammt die diuretisch wirkende Caincawurzel, Radix Caincae, welche Caincasäure, Harz, Amylum etc. enthält.

c) Cinchonaceae.

Cinchona L., Chinarindenbaum. Bäume, seltener Sträucher mit gegenständigen, einfachen, mitunter unterseits mit Grübchen oder Haarbüscheln in den Winkeln versehenen, steifen, glänzend grünen, nach der Fruchtreife roth werdenden Blättern, welche bei den werthvolleren Spezies kürzer sein sollen; Nebenblätter paarweise verwachsen, hinfällig; Blüthenstände im Habitus jenen der Syringe, die einzelnen Blüthen denen von Menyanthes ähnelnd; Blüthen fünfzählig; Kronlappen am Rande gebartet; Staubgefässe fünf, mit der Blumenkrone am Grunde verwachsen, bald kürzer (Form longistylis) und dann vom Griffel überragt, bald länger (Form brevistylis) und dann letzteren überragend; Griffel fadenförmig mit gespaltener Narbe; Fruchtknoten aus zwei Carpellen gebildet; die vom Kelche gekrönte Frucht, vom Grunde an scheidewandspaltig, zweiklappig aufspringend, oben vom Kelche zusammengehalten; Samen dachziegelig übereinander geordnet, klein, zusammengedrückt, ringsum von einem zerfetzten, oft durchlöcherten Flügel (C. cordifolia, tucujensis etc.) umgeben. — Vorkommen: Am Ostabhange der centralen Andeskette in einem bogenförmigen Gürtel, welcher die Freistaaten Bolivia, Peru, Ecuador, Neugranada, Venezuela durchziehend, seinen südlichsten Punkt bei Limonsito (19° s. B.), seinen nördlichsten in den Bergen von Santa Martha und Merida (10° n. B.) findet. Senkrecht erheben sich die Cin-

chonen von 4000′ (**rothe China**) bis zu 8000′ über dem Meere, und nehmen einen Flächenraum von etwa 20,000 Quadratmeilen ein, der als das Reich der **Cinchonen** oder **Humboldt's Reich** in der Pflanzengeographie bezeichnet wird. Obgleich die bis jetzt bekannt gewordenen Cinchonenarten die Zahl 50 überschreiten, so ist doch ihr Vorkommen in den meisten Fällen ein sehr vereinzeltes; seltener finden sie sich truppweise zusammen, und von geschlossenen Cinchonenwaldungen in ihrem Vaterlande kann nie die Rede sein. Da überdies bei der planlosen und schonungslosen Einsammlung der Rinden eine Minderung der Chinabäume zu befürchten war, so liess die holländische Regierung zuerst Versuche der Uebersiedlung und Acclimatisation auf der Insel Java anstellen und als dieselben zu gelingen versprachen, folgte England nach; so sehen wir nun auf Ceylon, in Vorderindien, im Himalaya, auf Trinidad und Jamaica und neuerdings in Neuseeland und Neuholland grossartige Anpflanzungen entstehen, die, so weit die Berichte lauten, als sehr günstig bezeichnet werden müssen und die einstens im Stande sein werden, dem steigenden Verbrauche dieser hochwichtigen Drogue zu genügen.

Bestandtheile: Die wichtigsten, allen echten Chinarinden zukommenden Bestandtheile die auch ihre therapeutische Anwendung bedingen, sind die beiden Alkaloide **Chinin** und **Cinchonin**. Es sind ferner noch einige andere Alkaloide gefunden worden, die theils sehr verwandt den obigen, theils auch eine ganz differente Zusammensetzung zeigen, wie das **Paricin** und **Aricin**. Die Quantitäten der beiden kostbaren Alkaloide hängen theils vom Alter der Bäume resp. deren Rindenentwicklung ab, theils aber auch von klimatischen Boden- und Culturverhältnissen. Als Bestandtheile sind noch zu erwähnen die **Chinagerbsäure**, das **Chinovabitter** und ein rother Farbstoff, das **Chinaroth**; in untergeordneter Weise noch: Amylum und oxalsaurer Kalk als Ausfüllung in den parenchymatischen Zellen.

Es möge hier genügen, eine kleine Anzahl von Cinchonenarten aufzuführen, von denen mit Bestimmtheit angenommen werden darf, dass ihre Rinden im Handel vorkommen.

Cinchona Calisaya Weddell. Ein hoher Baum der bewaldeten Höhen (4500—4600′) der Andes in Bolivia und Südperu. Er soll sich von ihm nahestehenden Arten durch eine eiförmige Kapsel, welche kaum die Länge der Blüthe erreiche, auszeichnen. Die starken Astrinden kommen als **bedeckte** (China Calisaya tecta s. convoluta s. cum epidermide), und die von der Borke befreiten Stammrinden als **unbedeckte** (China Calisaya nuda s. plana s. sine epidermide) **Königschina** im Handel vor.

C. **scrobiculata** Humb. et Bonpl. Ein 40—60' hoher Baum mit ansehnlichen, länglichen Blättern, auf der Unterseite meist durch Härchen verdeckte Grübchen führend, soll auch als unbedeckte Rinde unter der Königschina vorkommen. — In dem grössten Theile der peruanischen Chinaregion, Provinz Jaën, Cusco, Carabaya.

C. **succirubra** Pav. Im südlichen Ecuador bis ins nördliche Peru, tief in die Thäler hinabsteigend, an 60' Höhe. Die fast eirunden Blätter haben einen umgebogenen Rand und schwache Behaarung auf dem Adernetz der Unterseite. Cortex Chinae succirubrae, China rubra dura s. vera. Die im Handel vorkommende China rubra suberosa soll von C. coccinea Pav. abstammen.

C. **conglomerata** Pav. Ein 40' hoher Baum in Ecuador soll einen Theil der Huanuco-Rinde liefern.

C. **Chahuarguera** Pav. (C. condamineae var. DC.). Baum- oder strauchartig in den Provinzen Quito und Loxa, mit sehr veränderlichen Blättern, einblüthigen Doldentrauben und länglichen Kapseln, soll bei verschiedenen Handelssorten eine Rolle spielen. Ferner wären noch zu erwähnen:

C. **cordifolia** und **lancifolia** Mutis.
C. **macrocalyx** und **micrantha** Pav.
C. **nitida** und **Uritusinga** Pav. etc. etc.

Alle liefern sie, die seit 1640 als unentbehrliches Heilmittel in Europa bekannt geworden, äusserlich oft sehr verschiedene Rinden.

Es kommt in jenen Gegenden noch eine Anzahl von Pflanzengattungen aus derselben Familie vor, deren Rinden ebenfalls bei Fieberanfällen arzneiliche Verwendung finden, obgleich dieselben kein Chinin enthalten. Man bezeichnet sie deshalb mit Recht als falsche Chinarinden.

Dahin gehören: **Ladenbergia** Klotsch., mit 4—6zähligen Blüthen und Früchten, die von oben nach unten aufspringen; **Exostemma** L. mit die Blumenkrone nicht überragenden Staubgefässen; **Remijia** DC. entbehrt der endständigen Blüthenstände u. s. w. Die Rinden dieser Genera sind schon im Aeusseren sehr abweichend von den ächten, dazu kommt noch ein anatomisches Merkmal, indem ihnen die bis auf das Centrum verdickten Bastzellen abgehen.

Uncaria Schreb. Kopfförmige Blüthen auf kugeligem Blüthenboden; fünfzählige Blüthenhüllen und gestielte keulenförmige Kapseln.

U. **acida** Roxb. und U. **Gambir** Roxb. Sträucher auf Java, den Molukken und an der östlichen Küste von Hinterindien. Von beiden Arten gewinnt man durch Auskochen der jungen Triebe und Blätter ein Extract, welches getrocknet das **Gambir** — Gutta Gambir — darstellt, enthaltend eine Art Catechu (früher Terra japonica genannt), Catechugerbsäure, Catechusäure, Gummi mit adstringirender Wirkung.

Lobeliaceae Endl.

§. 173. Unregelmässig blühende, Milchsaft führende, narkotische Kräuter, seltener Sträucher oder Bäume, mit abwechselnden, nebenblattlosen, selten ganzrandigen Blättern, trauben- oder ährenförmigen, end- oder blattwinkelständigen, selten einblüthigen Blüthenständen und hermaphroditischen Blüthen. Kelch regel- oder unregelmässig, mit fünfspaltigem Saum, mit dem Fruchtknoten mehr oder weniger verwachsen; Blumenkrone in der Knospenlage klappig, der Kelchröhre eingefügt, aus fünf, gewöhnlich verbundenen, Blättern bestehend und dabei ein- oder zweilippig. Staubgefässe fünf, auf dem Gipfel des Fruchtknotens sitzend, Staubfäden unten frei, nach oben zu einer Röhre vereinigt, auf der die kegelförmig verwachsenen zweifächerigen, der Länge nach aufspringenden Antheren sitzen. Fruchtknoten unterständig oder halbunterständig, zwei- bis dreifächerig, mit centralen Placenten und zahlreichen anatropen Samenknospen. Griffel einer, mit ausgerandeter, von einem Haarkranz umgebener Narbe. Frucht eine zwei- bis dreifächerige, fachspaltig aufspringende Kapsel. Samen eiweisshaltig mit geradem Keim. Vorkommen: Die Lobeliaceae gehören meistentheils der heissen Zone an; nur sehr wenige finden sich in Europa und Asien. Bestandtheile: Ein scharfer, das Lobelin enthaltender Milchsaft, narkotisch; fettes Oel in den Samen.

Nahe verwandt sind die Campanulaceae Juss. (glockenblumenartige Pflanzen), die jedoch durch ihre geringen besonderen Eigenschaften keine arzneiliche Anwendung finden, und die sich namentlich durch die fast stets freien Antheren und die eigenthümlichen Sammelhaare des Griffels und grössere Regelmässigkeit der Blüthen unterscheiden.

Lobelia L., Lobelie. Blumenkrone tief zweilippig, Oberlippe in zwei Lappen gespalten, Unterlippe dreispaltig, abstehend.

L. inflata L., in Nordamerika, Virginien, Canada. Officinell ist die ganze Pflanze — Herba Lobeliae inflatae, indianischer Tabak; wird meist von dort in Packeten als Handelswaare verschickt, selten bei uns cultivirt. Kantige, rauhe Stengel mit wechselständigen, ungleich sägezähnigen, runzlich gerollten, rauhhaarigen Blättern, die oberen sitzend; Blüthen traubig; Kapsel aufgeblasen, fast kuglig eiförmig.

L. syphylitica L. In Nordamerika, früher waren Wurzel und Kraut — Radix et herba Lobeliae syphyliticae — in vielfacher Anwendung.

Siphocampylus Caoutschuk Don., in Peru. Der, viel Kautschuk enthaltende Milchsaft wird gesammelt und technisch verwendet.

Tupa Feuillei, salicifolia Don., in Chili, und andere Arten enthalten äusserst giftigen Milchsaft.

Valerianeae De Cand.

§. 174. Einjährige oder ausdauernde Kräuter mit gegenständigen, nebenblattlosen Blättern und trugdoldig-rispigen, zwitterigen oder eingeschlechtigen Blüthen. Kelch mit dem Fruchtknoten verwachsen, während oder nach der Blüthezeit zu einer Federkrone (Pappus) sich entwickelnd, zuweilen kurz und meist unregelmässig gezähnt. Blumenkrone fünfzählig, bald regelmässig, bald Neigung zur Unregelmässigkeit zeigend, mit dachiger Knospenlage. Staubgefässe meist nur drei (1—5), mit freien, der Länge nach aufspringenden zweifächerigen Antheren. Der Fruchtknoten, aus drei Fruchtblättern gebildet, sollte demnach dreifächerig sein, allein es abortiren meist schon sehr frühzeitig zwei derselben, so dass nicht einmal Samenknospenbildung stattfinden kann. Der Griffel ist einfach, mit drei Narben. Hängende, anatrope Samenknospe, die zu einer dünnhäutigen oder lederartigen Achene heranreift. Same eiweisslos mit geradem Keim. Vorkommen: In der gemässigten Zone, besonders in Mittel-Europa und Asien, seltener in Amerika und Afrika, sich bis ins Hochgebirge verbreitend.

Bestandtheile: Vorwiegend in den Wurzelstöcken und Wurzeln Valeriansäure und flüchtiges Valerianöl nebst Amylum, in den Samen dagegen reichlich fettes Oel.

Valeriana L., Baldrian. Kelchsaum zur Blüthezeit eingerollt, später federkronartig; Blumenkrone trichterförmig, am Grunde mit einem Höcker versehen; Staubgefässe drei.

V. officinalis L., heilkräftiger Baldrian, kommt in drei Varietäten vor: α) minor, Wurzelstock mit kurzen, unterirdischen Ausläufen und rübenartig verdickten Wurzelfasern; Blättchen linealisch. Stamm 1—2' hoch; β) major, Wurzelfasern wenig verdickt; Blättchen lanzettlich. Stamm 3—4' hoch; γ) exaltata, Wurzelstock ohne Ausläufer, Wurzelfasern wenig verdickt; Blättchen lanzettlich; Stamm 5—6' hoch. Bei allen ist der Stamm aufrecht, gefurcht; Blätter 4- bis 11 paarig gefiedert, Blättchen gezähnt oder ganzrandig; Früchte kahl; Blumenkrone weisslichroth.

Bald auf feuchten, bald auf trockenen Wiesen, oder in feuchten Wäldern, an Gräben, Rainen verbreitet. Offic. Radix Valerianae, seit 1592 im Arzneischatz.

V. Phu L., eine mehr südliche Species mit schief aufsteigendem, gegliedertem, federkieldickem Rhizom, lieferte früher Rad. Valer. majoris.
V. celtica und saliunca All., Hochalpenpflanzen, besitzen aromatische Wurzelstöcke, die besonders aus den österreichischen Alpen nach dem Orient ausgeführt werden. „Spica vel Nardus celtica."
V. dioica L., früher als Radix Valerianae palustris s. Phu minoris.

Valerianella olitoria Moench. und carinata Lois., einjährige Pflänzchen; ihre grundständigen Blätter liefern im Herbst und Frühling den sog. „Feldsalat“, früher als Herba Valerianellae officinell.

Nardostachys Jatamansi DC., am Himalaya, der ächte indische Nardus, ein in Indien besonders wichtiges Heilmittel, „Spica Nardi s. Nardus indica.“

Die früher mit der Familie der Valerianeen vereinigten Dipsaceen unterscheiden sich von denselben durch die meist kopfartig gedrängten Blüthenstände, die sogenannte doppelte Kelchbildung, vier Staubgefässe mit freien Antheren (bei den Compositen sind die fünf Antheren mit einander verwachsen), einfächerigen Fruchtknoten und eiweissreichen Samen.

Officinell waren: Radix et herba Scabiosae columbariae von Scabiosa columbaria L.; Herba et flores Scabiosae arvensis von Knautia arvensis Coult.; Radix Succisae s. Morsus diaboli von Succisa pratensis Moench.

Technische Verwendung in Tuchfabriken finden noch die getrockneten konischen Blüthenböden mit den hakig gebogenen Spreublättern von Dipsacus fullonum L. „Weberkarde.“

Compositae Vaill. (Synanthereae Rich.)

§. 175. Die durch eigenthümliche Blüthenstandbildung ausgezeichnete natürliche Familie ist die grösste unter den phanerogamischen Pflanzen. Sie sind in der grossen Mehrzahl einjährige oder perennirende Kräuter; hie und da Sträucher oder Halbsträucher, selten Bäume. Die Wurzeln erweitern sich öfters zu rübenartigen Anschwellungen, die unterirdischen Stammorgane bilden häufig weit verzweigte, kriechende Wurzelstöcke und in einzelnen Fällen auch umfangreiche Knollen. Die oberirdische Stammbildung ist von grosser morphologischer Mannigfaltigkeit. — Blätter abwechselnd, weniger häufig gegenständig oder wirtelig, nebenblattlos, zuweilen am Stengel herablaufend oder am Grunde mit einander verwachsen, meist fiedernervig, theils einfach, theils, und zwar vorherrschend, mannigfach eingeschnitten. Die Blüthen bilden sogenannte Blüthenkörbchen oder Köpfchen, ährenförmige Blüthenstände mit sehr verkürzter Blüthenachse (Flos compositus L., Calathidia), umgeben von einer kelchähnlichen Hülle. Diese Blüthenköpfchen sind in der Regel vielblüthig; es kommen jedoch auch solche mit einer geringeren Anzahl und an 150 aussereuropäische Arten mit einblüthigen Köpfchen vor. Die soeben erwähnte kelchähnliche Hülle, aus Hochblättern gebildet (Hüllkelch, Calyx communis v. Periclinium) ist bald einreihig, bald mehrreihig und besitzt in manchen Fällen am Grunde noch einen sogenannten Aussenkelch, bei grossem Formen- und Farben-

reichthum. Auf dem gemeinsamen Blüthenlager, der verkürzten Blüthenachse (Receptaculum commune L., „Blüthenboden" oder Anthoclinium), die meist convex, seltener flach oder kegelförmig ist, kommen ferner bei einer grösseren Anzahl von Compositen neben jedem Blüthchen haar- oder schuppenartige Deckblätter, die sogenannten Spreublättchen (paleae) vor; spreublättriges Blüthenlager (Anthemis), nacktes Blüthenlager (Leontodon). Blüthen bald alle hermaphroditisch (Syngenesia Polygamia aequalis L.), bald die äusseren (sog. Strahlen- oder Randblüthen) weiblich (Polyg. superflua L.), bald die äusseren unfruchtbar (Polyg. frustranea L.), bald die Blüthen des sog. Mittelfeldes (Scheibenblüthen) durch Verkümmerung unfruchtbar (P. necessaria L. pag. 221).

Der Kelch jedes einzelnen Blüthchens (calyx proprius) ist selten deutlich fünfzählig und besteht aus einer auf dem Rande des Fruchtknotens befestigten Röhre, deren freier Rand sich nach dem Verblühen weiter entwickelt und häufig sich in haar-, feder- oder schuppenförmige Bildungen (Federkrone) als sogen. Pappus pilosus, plumosus oder coroniformis umwandelt, zuweilen zwei- bis dreizähnig, selten gänzlich schwindend. Knospenlage der Blumenkrone klappig, letztere ebenfalls fünfzählig, bald röhren-, band- oder zungenförmig, bald zweilippig, zuweilen Rand- und Scheibenblüthchen gleichgestaltet, öfters die Randblüthchen bandförmig, die Scheibenblüthen röhrig. Staubgefässe fünf, mit den freien Staubfäden der Blumenkrone angewachsen, die fünf aufrechten, der Länge nach aufspringenden, zweifächerigen Staubbeutel zu einer Röhre verwachsend und öfters am Grunde mit eigenthümlichen Anhängseln versehen (antherae caudatae). Fruchtknoten stets unterständig, mit einer epigynen Scheibe bekrönt, einfächerig, obgleich aus zwei Fruchtblättern zusammengesetzt, mit einer aufrechten, anatropen Samenknospe. Griffel endständig, drüsig behaart, einfach in eine gabelige oder zweispaltige Narbe übergehend. Die bald runden, bald kantigen Früchte, die öfters in einem Blüthenkörbchen verschieden gestaltet sind, bilden eine Achene mit grund- oder seitenständiger Schwiele und bleibendem oder zur Fruchtreife abfallendem Pappus. Same mehr oder minder mit der Fruchthülle verwachsen, eiweisslos und mit geradem Keim.

Vorkommen: Die zahlreichen und oft mit Flugapparat versehenen Früchtchen begünstigen das heerdenweise Vorkommen dieser, über die ganze Erde, selbst bis zu 6000′ Höhe verbreiteten, Familie, die am zahlreichsten am Cap und in Nordamerika vorkommt. In unserem Klima sehr übereinstimmend im Habitus, werden sie nach den Tropen zu strauch- und baumartig.

Bestandtheile: Fette Oele in den Samen statt Stärkemehl, das in den Wurzeln häufig durch Inulin ersetzt ist; ferner ätherische Oele und Bitterstoffe, und vor allem ist eine ganze Abtheilung dieser grossen Familie, die Cichoriaceae, durch reichliche Milchsaftgefässe ausgezeichnet, die einen weisslichen, bittern, oft narkotischen, harzigen Milchsaft reichlich produciren.

Diese grosse Familie zerfällt nach Jussieu, mit Rücksicht auf den Habitus der Blüthen, in die Corymbiferae, Cynarocephaleae und die Cichoraceae. Wir folgen der Eintheilung von Lessing und De Candolle, bei der besondere Rücksicht auf die Beschaffenheit des Griffels genommen wird.

I. Tubuliflorae DC., Strahlenblumen (hier und da fehlend), bandförmig, weiblich oder geschlechtslos, Scheibenblumen regelmässig fünfzählig.

1. Vernoniaceae Less.
Alle Blüthchen gleich, röhrig und hermaphroditisch. Griffelgabeln fadenförmig, ringsum behaart. Lediglich aussereuropäische, fast nur auf die Tropen beschränkte Gattungen, am wichtigsten ist Vernonia.

V. anthelminthica Willd., in Ostindien vielfach gebrauchtes Wurmmittel. Die Samen, „Kala gira", geben ein fettes, dickes Oel, die sogenannte „Butter von Chartum."

2. Eupatoriaceae Less.
Griffelgabeln stumpf oder keulig, einseitig behaart.
Eupatorium Tourn., mit nacktem, flachem Fruchtboden.

E. cannabinum L., Hanf-Wasserdost, scharf und brechenerregend, früher officinell als Herba et radix St. Kunigundae. Einzige europäische, an feuchten Gräben und Waldesstellen verbreitete, Art.
E. Ayapana Vent., Brasilien, im tropischen Asien cultivirt, ein seiner bitter-aromatischen Blätter wegen geschätztes Heilmittel, Herba Ayapanae.
Micania Guaco H. et B., Südamerika, in Columbien; während Folia et stipites Guaco einstens gegen Cholera empfohlen wurden, wird die Pflanze heute noch in ihrem Vaterland als berühmtes Heilmittel gegen den Biss giftiger Schlangen angewendet.

Tussilago L., Randblüthen mehrreihig, zungenförmig; Scheibenblüthen röhrig, zwitterig.

T. Farfara L., Huflattich. Blätter grundständig, herzförmigrundlich, buchtig-gezähnt, unterseits weissfilzig. Blüthenköpfe walzig, einzeln, die gelben Blüthen vor den Blättern frühzeitig erscheinend. Officinell: Flores et folia Farfarae. Ueberall verbreitet.

Petasites Gaertn., Pestwurzel. Randblüthen zungenför-

mig, in den männlichen Blüthenkörbchen einreihig, in den weiblichen mehrreihig.

P. officinalis Moench., Blätter grundständig, herzförmig, ungleich gezähnt, unterseits graufilzig; Blüthenkelch walzig, zahlreich. Blüthen blassröthlich. Die Blätter, die häufig mit den vorigen verwechselt werden, entwickeln sich ebenfalls erst nach der Blüthe, sind aber durch ihre Grösse auffallend. Früher offic. Radix Petasitidis. An Flussufern, auf feuchten Wiesen.

3. Asteroideae Less.

Griffelgabeln flach, oben spitz und dicht behaart.

a) Antheren am Grunde ungeschwänzt:

Erigeron L., Berufkraut. Randblüthen mehrreihig, zungenförmig, weiblich; Scheibenblüthen röhrig, zwitterig; Antheren zusammengedrückt.

E. acre L., an sandigen, sonnigen Stellen; früher als Herba Conyzae caeruleae s. minoris gegen Brustleiden in Anwendung.
E. canadense L., seit dem 16. Jahrhundert aus Amerika eingewandert und an manchen Orten als Herba et flores Erigerontis canadensis officinell.

Solidago L., Goldruthe. Randblüthen einreihig, zungenförmig, weiblich, Scheibenblüthen röhrig, zwitterig, alle Blüthen gelb, Antheren walzenförmig.

S. Virgaurea L, bekannte Waldpflanze, deren Blätter und Stengelspitzen — Herba et Summitates Virgae aureae s. Consolidae saracenicae — officinell waren.

b) Antheren am Grunde geschwänzt:

Inula L., Alant. Randblüthen zungenförmig (bei I. Conyza fast röhrig), weiblich, Scheibenblüthen röhrig, zwitterig.

I. Helenium L., die senkrechte, aussen braune, innen weisse Wurzel enthält reichlich Inulin, das hier zuerst entdeckt wurde. Stengel aufrecht, zottig, Blätter breit elliptisch, stengelumfassend, gezähnt und filzig; Hüllblättchen verkehrt-eiförmig, Achenen vierseitig. Officinell. Radix Helenii s. Enulae. In Südeuropa zu Hause, im Norden cultivirt.
I. britannica L., die Blüthen können mit denen von Arnica verwechselt werden, sind jedoch von hellgelber Farbe und besitzen viernervige, weibliche Strahlenblüthen.
I. Conyza DC. (Conyza squarrosa L.). Früher war das Kraut als Herba Conyzae majoris officinell. Die Blätter werden zuweilen mit denen von Digitalis purpurea verwechselt, sind jedoch getrocknet viel lichter grün, am Rande gezähnt und unterseits weichhaarig; gegen das Licht gehalten, sieht man kaum die Nervatur.

4. Senecioideae Less.

Griffelgabeln lineal, an der Spitze pinselartig behaart oder abgestutzt.

Guizotia oleifera DC., in Abyssinien der ölhaltigen Früchte wegen cultivirt.

Helianthus tuberosus L., Topinambur. Seit dem Anfang des 17. Jahrh. in Europa; die Inulin und Zucker enthaltenden Knollen sind ein schlechter Ersatz für Kartoffeln.

H. annuus L., Sonnenblume. Der ölreichen Samen wegen in manchen Gegenden angebaut.

Spilanthes Jacq., Parakresse. Blüthenboden conisch, Strahlblüthen oft fehlend oder weibliche Zungenblüthen, Pappus genannt.

Sp. oleracea L., Südamerika, bei uns cultivirt, scharf, Speichel absondernd; der weingeistige Auszug der Herba Spilanthis dient gegen Zahnschmerzen, „Paraguay roux" oder Tinctura Spilanthis oleraceae.

Madia sativa Mol. aus Chili, Culturversuche der ölhaltigen Samen wegen.

Anthemis L., Kamille. Blüthenköpfchen flach oder halbkugelig, Randblüthen länglich weiblich, Antheren walzenförmig von randhäutigem Pappus bekrönt.

A. nobilis L, Römische Kamille, Stamm aufsteigend, sammt den Blättern weichhaarig, letztere gefiedert, Fiederblättchen vielspaltig; Blüthenboden kegelig mit länglichen, gezähnelten, an der Spitze trockenhäutigen Spreublättern besetzt. — Aus dem Süden stammend, jetzt in unseren Gärten eingeführt und dann häufig mit gefüllten Blüthen, Flores Chamomillae romanae; ätherisches Oel und Bitterstoff. — Verwechslungen: Die Blüthenkörbchen von Chrysanthemum Parthenium Pers., die in unseren Gärten auch gefüllt vorkommen, sind jedoch etwas kleiner und sitzen auf einem nackten Blüthenboden. Früher officinell: Herba Matricariae; ferner die einfachen Blüthenköpfchen von Anthemis arvensis L. mit doppelt fiederspaltigen Blättern und lanzettlichen, stachelspitzigen Spreublättchen, fast geruchlos. Die Blüthenkörbchen von Achillea ptarmica L. sind kleiner, die Randblüthen abgerundet und die ganze Pflanze ist geruchlos.

A. tinctoria L. Früher waren das Kraut und die Blüthen der Färberkamille officinell — Herba et flores Buphthalmi — und zum Gelbfärben in Anwendung.

Anacyclus DC., Ringblume. Blüthenboden convex, spreublätterig, Antheren mit Flügelsaum.

A. officinarum Hayne., Deutsche Bertramswurzel. Wurzel dünn, Stämmchen aufrecht, sammt den gefiederten Blättern behaart. Südeuropa, in Deutschland cultivirt. Radix Pyrethri germanici.

A. Pyrethrum DC. Römische Bertramswurzel. Spindelartige Pfahlwurzel, Stengel niederliegend, am Gipfel aufsteigend, einköpfig. Nordafrika. Radix Pyrethri romani s. italici.

Achillea L., Schaafgarbe. Blüthenköpfchen eiförmig, Randblüthen verkehrt-eiförmig, weiblich, Pappus randhäutig, auf den zusammengedrückten Achenen sitzend.

A. Millefolium L. Gemeine Schaafgarbe. Stamm aufrecht, Blätter lanzettlich, zweifach-fiederspaltig, mit 2—5spaltigen Zipfeln. Blüthenköpfe zahlreich, klein, doldentraubig. Officinell Flores et folia Millefolii.

A. Ptarmica L., Wiesen-Bertram. Lieferte früher Herba et radix Ptarmicae.

A. moschata L., Alpenschaafgarbe, dient zur Bereitung des Ivagetränkes in Graubündten.

Matricaria L., Mutterkraut. Blüthenboden nackt, kegelförmig, innen hohl. Weibliche Randblüthen zungenförmig, Pappus kurz, randhäutig.

M. Chamomilla L., ächte Kamille. Stamm doldentraubig-ästig; Blätter doppelt-fiedertheilig, kahl; die weissen Randblüthen zuletzt zurückgeschlagen. Flores Chamomillae vulgaris, enthalten ein blaues ätherisches Oel.

Von ähnlichen Blüthen sind die Kamillen leicht durch den hohlen und nackten Blüthenboden zu unterscheiden. Dahin gehören Anthemis Cotula L. und arvensis L. mit festem, spreublättrigem Anthoclinium.

Pyrethrum Gaertn., Bertram. Blüthenboden nackt, Achenen ungeflügelt, mit einem eigenthümlich erweiterten Pappus (zuweilen ohrförmig).

P. roseum Pbrst. (Chrysanthemum coccineum Sims.) Stengel glatt, Randblüthen rosenroth, Scheibenblüthen gelb.

P. carneum Pbrst., Stengel gefurcht, Blüthen blässer als vorige. Ueberdies werden höchst wahrscheinlich von noch einigen andern verwandten Arten des südlichen Kaukasus und Persiens die Blüthenköpfe in den Handel gebracht und stellen dann gerieben das persische Insektenpulver dar, Flores Pyrethri Persici.

Artemisia L., Beifuss. Blüthenboden nackt, weibliche Randblüthen fädlich oder fehlend; Blüthenköpfchen kugelig oder eiförmig, in Rispen; Pappus kaum hervortretend.

A. vulgaris L., Gemeiner Beifuss. Stamm oben rispig-ästig, Blätter fiederspaltig, unterseits weissfilzig, oben kahl, Blüthenköpfchen eiförmig, graufilzig, Blüthchen blauroth. Offic.: Radix et herba Artemisiae.

A. Absynthium L., Wermuth. Stamm wie oben, Blätter 2—3fach fiederspaltig, seidenhaarig-grau. Blüthenköpfchen fast kugelig, nickend. Blüthenboden zottig. Blüthchen hellgelb. Offic.: Herba et summitates Absinthii, ätherisches Oel und einen eigenthümlichen Bitterstoff (Absinthiin) enthaltend. Zur Bereitung des Schweizer-Absynths dienen die Alpenspecies A. mutellina Will., glacialis L., spicata Wulf (Extract d'Absynthe).

A. Moxa Ldl., in China. Der Filz der Blätter als „Moxa" hier und da in Anwendung.

A. Abrotanum L., Eberraute. Südeuropa und Orient. Früher waren die blühenden Spitzen officinell, Summitates Abrotani.

A. Vahliana Kost (A. Contra Vahl.), wurde bis vor Kurzem noch als die Stammpflanze des Levantischen Wurmsamens angeführt. Auf Grund einer Vergleichung der Handelssorte mit einem Vahl'schen Original-Exemplar müssen die allein zulässigen Flores Cinae (Semen Cinae Levanticae, Semen Santonici s. sanctum, Zittwersamen) die noch nicht geöffneten Blüthenkörbchen einer bis jetzt noch nicht

festgestellten Artemisia-Art sein, die auf der Kirgisensteppe in ungeheuren Mengen wächst. Aetherisches Oel und Santonin geben der guten Waare einen specifischen, starken Geruch und bitter gewürzigen Geschmack.

A. pauciflora Stechm., aus den Gouvernements Sarepta und Saratow, und A. Lorcheana Stechm. aus dem Wolgagebiet und südlichen Sibirien, beide stärker behaart als die jüngsten Blüthenkörbchen der Levantischen Pflanze, lieferten eine Zeit lang den sogenannten russischen Wurmsamen, Semen Cinae rossicae.

A. ramosa Sm., im nordwestlichen Afrika zu Hause, von schwächerem Geruch und Geschmack, ein Gemenge von verschiedenen Pflanzentheilen darstellend, erscheint im Handel als Semen Cinae barbaricum.

Tanacetum L., Rainfarrn. Blüthenköpfchen halbkugelig, in Doldentrauben; Pappus kurz, randhäutig.

T. vulgare L., Wurm-Rainfarn. Stamm steif aufrecht, Blätter doppelt-fiederspaltig mit gesägten Zipfeln, kahl. Angewendet werden noch zuweilen die Blüthenköpfchen, Flores, das Kraut, Herba, und die Früchte, Semen Tanaceti s. Cinae germanicum.

Helichrysum Gaertn., Sonnengold. Blüthenköpfchen kugelig; Hüllkelch trockenhäutig; Randblüthen einreihig, Pappus haarig.

H. arenarium DC., Sandstrohblume; die citronengelben, seltener orangefarbenen oder purpurrothen Blüthenkörbchen waren als Flores Stoechados citrinae officinell.

Arnica L., Wolverlei. Blüthenköpfchen walzig; Hüllkelch zweireihig, Randblüthen zungenförmig, weiblich, Scheibenblüthchen röhrig, zwitterig, Griffelgabeln an den Spitzen verdickt, Pappus haarig.

A. montana L., Bergwolverlei, mit aufrechtem, ein- bis dreiköpfigem, drüsenhaarigem Stamm; grundständigen, länglichen verkehrteirunden, ganzrandigen derben Blättern, die oberen lanzettlich, gegenständig; Hüllkelch drüsig-behaart. Blüthenköpfe ansehnlich, die dunkelgelben Strahlblüthen sind sieben- bis neunnervig und münden vorn in eine dreizähnige Zunge aus. Die Wurzeln und die Blüthen, zuweilen auch noch das Kraut, sind officinell. Radix, herba et flores Arnicae montanae.

Verwechslungen können nicht vorkommen, wenn man auf die einseitige Bewurzelung des Rhizoms und die Balsambehälter achtet, Merkmale, die allen ähnlichen Wurzeln abgehen, und in Betreff der Blüthen schützt die Zahl der Nerven, die bei den möglichen Verwechslungen eine geringere ist.

5. Cynareae Less.

Griffel oft unter der gabeligen Theilung verdickt, Griffelgabeln getrennt oder verbunden, weichhaarig.

Calendula L., Ringel- oder Todtenblume. Randblüthen weiblich, fruchtbar; Scheibenblüthchen hermaphroditisch, aber unfruchtbar.

C. officinalis L., Gebräuchliche Ringelblume. Blätter länglich, verkehrt-eiförmig, gezähnelt, klebrig, Blüthen einzeln, gross, safrangelb. Achenen kahnförmig geflügelt, auf dem Rücken glatt oder weichstachelig. Aus Südeuropa stammend, in Gärten cultivirt. Officinell in einigen Gegenden: Herba et flores Calendulae.

C. arvensis hat um die Hälfte kleinere und blässere Blüthenköpfchen.

Carlina L., Eberwurz. Blüthen alle röhrig zwitterig, Blüthenboden spreublätterig; Hüllkelch dachig, nach innen trockenhäutig, gefärbt; Pappus gefiedert, ästig, am Grunde verbunden.

C. acaulis L., mit meist fehlendem Stengel und fiedertheiligen, stachlig-gezähnten Blättern. Auf Gebirgswiesen. Offic.: Radix Carlinae s. Cardopatiae.

Centaurea L., Flockenblume. Randblüthen trichterförmig, geschlechtslos; Scheibenblüthen röhrig, zwitterig. Hüllkelch dachig; Blüthenboden spreuig-borstig; Pappus haarig.

C. Cyanus L. Die bekannte Kornblume in Getreidefeldern. Flores Cyani als Zusatz zu Räucherspecies.

Cnicus Vaill., Benediktenkraut. Die inneren Blätter des Hüllkelchs dornig gefiedert, die 4—6 äusseren Blüthchen geschlechtslos, Pappus doppelt, der äussere becherförmig gezähnt, der innere zweireihig borstlich.

C. Benedictus Gaertn., Cardobenediktenkraut. Stengel aufrecht, verästelt, röhrig, wie die sitzenden, fiedertheiligen oder buchtigen, dornig-gezähnten Blätter spinngewebeartig behaart, Blüthenköpfchen einzeln, von blattartigen Hüllen umschlossen. Einheimisch im südöstlichen Europa, bei uns angebaut. Officinell des Bitterstoffs wegen (Cnicin) Herba Cardui Benedicti.

Carthamus Tourn., Saflor. Aegypten, bei uns cultivirt. Hülle dachziegelig, äussere Blätter blattartig, am Rande und der Spitze dornig; Pappus fehlend.

C. tinctorius L., Stengel aufrecht, kahl, Blätter länglich-eirund, dornig gezähnt. Sämmtliche Blüthchen röhrig, als Flores Carthami, ihres rothen Pigments wegen fast ausschliesslich nur zu technischen Zwecken verwendet.

Silybum Gaertn., Südeuropa. Hüllkelch am Rande und an der Spitze dornig; Staubfäden monadelphisch; Pappus ringförmig verbunden, abfallend.

S. Marianum Gaertn., Mariendistel. Der weissgefleckten, glänzenden Blätter wegen als Zierpflanze und in der Volksmedicin die Semina Cardui Mariae noch in Anwendung.

Serratula tinctoria L., Wurzeln einen gelben Farbstoff enthaltend.

Cynara Scolymus L., Artischocke, und Cynara Cardunculus L., Cardon. Von ersterer die fleischigen Hüllkelchblätter und

das fleischige Blüthenlager, von letzterer die kräftigen Blattstiele als Gemüse dienend. Südeuropa.

Lappa Tourn., Klette. Hüllkelchblätter an der Spitze hakiggekrönt; Antheren kurz geschwänzt; Pappus haarig, unverbunden.

L. major Gaertn., Blätter rundlich-herzförmig, unterseits schwach weissfilzig.
L. minor DC., Blätter fast eirund, und L. tomentosa Lam., Blätter unterseits graufilzig. Drei bekannte, an allen Wegen verbreitete Pflanzen, deren Wurzeln, Radix Bardanae, selten mehr arzneiliche Anwendung finden.

II. Labiatiflorae DC.
Die hermaphroditischen Blüthen des Köpfchens meist mit zweilippigen Blumenkronen. Die ganze Abtheilung enthält keine officinellen Pflanzen.

III. Liguliflorae DC.
Blüthen alle hermaphroditisch, mit zungenförmigen Blumenkronen.

6. Cichoriaceae. Griffelgabeln cylindrisch, behaart, meist zurückgekrümmt, stumpf. — Milchsaft führend.

Cichorium L., Wegwarte. Hüllkelch zweireihig; Blüthenboden nackt; Achenen vierseitig; Pappus kurz, schuppig.

C. Intybus L., Cichorie. Stengel sparrig-ästig, steifhaarig; Blätter schrotsägeförmig, oben lanzettlich, stengelumfassend. Blüthen blau. Officinell: Radix Cichorii. Die cultivirte Cichorie hat eine fleischigere, an Inulin reichere, Wurzel und dient als Kaffeesurrogat.
C. Endivia L., Endivie, aus dem Orient stammend, bei uns cultivirt und als Salat verspeist.
Scorzonera hispanica L., Schwarzwurzel. In Südeuropa, bei uns der Wurzel wegen als Gemüse cultivirt; früher als Radix Scorzonerae s. Viperinae im Gebrauch.

Taraxacum Juss., Löwenzahn. Hüllkelch doppelt, äussere Reihe aus dachigen, zurückgeschlagenen, die inneren aus aufrecht stehenden Blättern gebildet; Blüthenboden nackt; Pappus bleibend, gestielt, haarig, Achenen kurz geschnäbelt.

T. officinale Wigg. (Leontodon Taraxacum L.). Blätter grundständig, schrotsägeförmig, fiederspaltig; Schaft röhrig, einköpfig. Die jugendlichen Blätter dienen zu Salat; die officinelle Wurzel, Radix Cichorii, führt im Milchsafte einen besonderen Bitterstoff (Taraxacin).

Lactuca L., Lattich. Hüllkelch dachig, walzig; Blüthenboden nackt; Blüthenköpfchen fünf- bis vielblüthig; Achenen zusammengedrückt, geschnäbelt; Pappus haarig, weich, leicht abfallend.

L. virosa L., Giftlattich. Stamm aufrecht; Blätter horizontal,

länglich-eiförmig, pfeilförmig, stengelumfassend, mehr oder minder buchtig, unterseits an der Mittelrippe stachelig; Blüthenköpfchen in rispigen Blüthenständen, vor dem Aufblühen aufrecht; Achenen schwarz, breitberandet. Officinell: Herba Lactucae virosae; der getrocknete Milchsaft bildet das Lactucarium Anglicum et Germanicum.

L. Scariola L., wilder Lattich, dessen Bestandtheile und Wirkung dem Giftlattich nahe kommen, wird als Verwechslung angesehen, unterscheidet sich jedoch sofort durch die vertical gestellten, eilänglichen, buchtig-fiederspaltigen Blätter, die vor dem Aufblühen überhängenden, pyramidenförmigen Rispen, und die schmalberandeten, hellgrauen Achenen. An Wegen und auf Mauern verbreitet, früher als Herba Lactuca sylvestris officinell.

L. sativa L., Gebräuchlicher Lattich (Salat.). Vielleicht Varietät der vorigen. In Frankreich soll das Lactucarium gallicum aus dieser und einer weiteren Spielart, Lactuca altissima Rieb., durch Auspressen (nicht Anritzen) des Saftes in den Stengeln, gewonnen werden.

---

3. Unterklasse. Corolliflorae.

Blüthen mit Kelch und Blumenkrone, letztere verwachsenblätterig und auf dem Blüthenboden befestigt; Staubfäden meist der Blumenkrone inserirt, seltener frei und dann in gleicher Weise wie die Blumenkrone auf dem Blüthenboden sitzend.

Ericineae Desv.

§. 176. Sträucher oder Halbsträucher, seltener baumartig, mit zerstreuten, seltener wirtel- oder gegenständigen, einfachen, nebenblattlosen, meist sehr gedrängt stehenden Blättern, mit traubigen oder rispigen Blüthenständen. Blüthendecken vier- bis fünfzählig, mit glocken-, krug-trichterförmigen, in der Knospenlage dachigen Blumenkronen. Die vier bis zehn Staubgefässe entweder bodenständig oder am Grunde der Blumenkrone eingefügt; Staubbeutel mit Poren an der Spitze sich öffnend, zweifächerig und mit Anhängseln versehen; Fruchtknoten vier- bis fünffächerig, von einer Scheibe unterstützt, mit achsen- oder wandständigen Placenten, an denen zahlreiche, hängende, anatrope ovula sich bilden; ein Griffel mit lappiger oder einfacher Narbe; Frucht bald beerenartig, bald verschieden aufspringende Kapseln mit kleinen eiweisshaltigen Samen und geradem Keim.

Vorkommen: Ueber die ganze Erde verbreitet, haben die Haidenarten doch besonders bevorzugte Erdstriche, so z. B. ist das Capland durch zahlreiche Arten, die norddeutsche Ebene durch geselliges aber einförmiges Vorkommen derselben ausgezeichnet. Die

europäischen, asiatischen und südamerikanischen Hochgebirge haben ihre Alpenrosen und deren Verwandte.

Eigenschaften: Gerbstoffe in Rinden und Blättern, auch narkotische und Bitterstoffe, gebunden an Honigsaft-Absonderung.

Eintheilung der Familie nach De Candolle:

a) Arbuteae.

Frucht beeren- oder steinfruchtartig; Knospendecken schuppig.

Arctostaphylos Adans., Bärentraube. Kelch fünfspaltig; Blumenkrone eiförmig, fünfzähnig, Staubgefässe zehn, Antheren am Rücken zweispornig, Beere glatt, fünfsamig.

A. officinalis W. et Gr., heilkräftige Bärentraube. Zweige niederliegend, etwas aufsteigend; Blätter länglich, verkehrt-eiförmig, ganzrandig, immergrün, lederartig; unterseits netzaderig; Blüthen in kurzen endständigen Trauben; Blumenkrone und Beeren roth. (Arbutus uva ursi L.) In sandigen Nadelwäldern, auf Kalkbergen Deutschlands. Officinell Folia Uvae ursi.

Als Verwechslungen werden aufgeführt: Die Blätter der Preisselbeere (Vaccinium Vitis Idaea L.), am Rande schwach umgebogen und entfernt klein-gesägt, sind leicht zu erkennen an den zahlreichen braunen Pünktchen der Unterseite; die der Moor-Heidelbeere (Vaccinium uliginosum L.) sind am Rande umgerollt und unterseits bläulich-grün. Die Buchsbaumblätter (Buxus sempervirens) sind glänzend, eiförmig und die untere Blattfläche ist leicht abzutrennen. Schliesslich noch die Blätter von Arctostaphylos alpina Spreng., deren Rand scharfsägezähnig und gegen den Blattstiel zu langgewimpert ist. —

b) Andromedeae.

Frucht kapselartig, meist fach-, seltener scheidewandspaltig aufspringend. Knospendecken schuppig, seltener fehlend.

Andromeda polifolia L, wilder Rosmarin. Narkotisch, scharf. Charakteristischer Halbstrauch der nordeuropäischen Torfmoore.

Gaultheria procumbens L., Wintergrün. In Nordamerika werden die Blätter angewendet, Herba Gaultheriae. Ueberdies wird durch Destillation mit Wasser aus der Pflanze ein ätherisches Oel, das sogenannte Wintergrünöl, gewonnen.

c) Ericeae.

Frucht kapselartig, bald durch Randtheilung, indem die Scheidewände an der Mittelsäule bleiben (Calluna), bald fachspaltig aufspringend, indem die Scheidewände in der Mitte der Klappen sitzen (Erica). Knospen nackt.

Erica arborea L. Zuweilen Bäume von 25—40' Höhe, auf Madeira, am Cap, früher gegen Schlangenbiss im Gebrauch.

Calluna vulgaris Salisb. (Erica vulgaris L.), gemeines Haidekraut; früher waren die blühenden Spitzen und Blätter, Summi-

tates s. herba Callunae s. Ericae, ihrer eigenthümlichen Gerbsäure wegen im Gebrauch.

d) Rhododendreae.
Frucht kapselartig, wandspaltig aufspringend, die Mittelsäule zurücklassend. Knospen mit Schuppen, zapfenartig. Antheren wehrlos.

Rhododendron L., Alpenrose. Kelch fünftheilig mit verwachsenblätteriger Korolle; Staubgefässe zehn, niedergebogen, Antheren an der Spitze mit zwei Poren aufspringend. Kapsel fünffächerig, fünfklappig.

Rh. Chrysanthum L., gelbe oder sibirische Alpenrose. Immergrüner Strauch auf den Gebirgen Sibiriens und Kamtschatkas. Blätter kurzgestielt, länglich, ganzrandig, mit eingeschlagenem Rande, beiderseits stark netzaderig, oben braun-grün, unten hell rostfarbig. Folia Rhododendri Chrysanti (Schneerosenblätter) enthalten Bitterstoff, Gerbstoff etc.

Rh. ferrugineum L., rostfarbene Alpenrose, in den Alpen zwischen 4 und 5000′ Höhe. Officinell früher: Folia Rhododendri ferruginei.

Ledum L., Sumpfporst, Sumpfrosmarin. Kelch klein, fünfzähnig; Blumenkrone fünfblätterig; Staubgefässe fünf oder zehn, Kapsel fünffächerig, vom Grunde aus scheidewandspaltig, fünfklappig.

L. palustra L. Blätter lanzettlich linienförmig, am Rande zurückgerollt, unterseits rostfarben, wollig-filzig. Torfsümpfe des nördlichen Europas, oft sehr verbreitet. Narkotisch-giftig, aromatisch betäubend riechend. Officinell früher die jüngeren beblätterten Zweige, Herba Ledi palustris s. Rosmarini silvestris.

Pyrolaceae Lindl.

§. 177. Halbsträucher mit lederartigen, abwechselnden, nebenblattlosen, meist ganzrandigen Laubblättern. Blüthen in Aehren, Trauben, selten in Dolden oder einzeln. Blüthendecken vier- bis fünfzählig; Kelch tief getheilt oder getrenntblättrig; Blumenkrone am Grunde kaum vereinigt oder völlig getrenntblättrig. Staubgefässe acht bis zehn, sammt den Blumenblättern dem Blüthenboden eingefügt; Antheren am Grunde in zwei Poren aufspringend. Fruchtknoten scheinbar drei- bis fünffächerig durch wandständige Placenten. Kapsel fachtheilig aufspringend; Samenknospen anatrop. Die zahlreichen Samen sehr klein, durch die verlängerte testa scheinbar geflügelt, eiweisshaltig mit kleinem Keim.

Verbreitung: Meist Waldpflanzen Europas, Nordamerikas und des nördlichen Asiens.

Eigenschaften: Enthalten eisengrünenden Gerbstoff, Harz und eine krystallisirbare Substanz, das sogenannte Chimaphilin.

Pyrola L., Harn-Gichtkraut. Kelch fünftheilig; Korolle fünfblättrig; Staubgefässe zehn; Antheren am Grunde gehörnt, mit Poren sich öffnend; Fruchtknoten oberständig; Kapsel auf dem Rücken der Fächer mit Längsritzen aufspringend.

P. umbellata L. Blätter lanzettlich-keilförmig, gesägt, lederartig, glänzend; Kelchblätter eiförmig; Griffel sehr kurz. Blüthen in Dolden. Hier und da noch in Anwendung.
Folia Pyrolae umbellatae (Chimaphila umbellata Nutt.)
P. rotundifolia L. Früher war das Kraut, Herba Pyrolae, officinell.

Vaccinieae DC.

§. 178. Sträucher oder Halbsträucher mit abwechselnden, nebenblattlosen, dünnhäutigen oder lederartigen, ganzrandigen oder gezähnten Blättern. Blüthen hermaphroditisch, bald achselständig, einzeln oder büschelig, bald in endständigen Trauben, regelmässig vier- bis fünfzählig. Kelch dem Fruchtknoten angewachsen, Blumenkrone in der Knospenlage dachig, von zierlicher Gestalt. Staubgefässe in der Regel acht oder zehn, zuweilen verwachsen. Antheren röhrenartig verlängert, durch Poren oder kurze Längsspalten sich öffnend und oft noch mit besonderen Anhängseln. Fruchtknoten unterständig, mit einer epigynen Scheibe, vier- bis zehnfächerig, einem Griffel, centralen Placenten und zahlreichen anatropen Eiern. Frucht eine mehr oder minder kugelige, mehrfächerige, von der Scheibe bekrönte, vielsamige Beere. Samen eiweisshaltig.

Verbreitung: Hauptsächlich im Norden von Europa und Amerika durch geselliges Vorkommen auf Haiden, Moorboden und in Wäldern ausgezeichnet.

Eigenschaften: Adstringirende Stoffe in den Rinden, Blättern und Beeren; das Vacciniin, ein krystallisirbarer, farbloser Bitterstoff (Glycosid) in den Blättern von Vaccinium vitis Idaea L., Preisselbeere; intensive Farbstoffe häufig in den Beeren.

Vaccinium L., Heidelbeere. Kelch und Blumenkrone vier- bis fünfzählig, letztere abfällig; Narbe und Beere kugelig.

V. Myrtillus L., gemeine Heidelbeere. Zweige scharfkantig; Blätter eiförmig, kahl, feingesägt, beiderseits grün, abfällig; Blüthen einzeln, achselständig; Kelchsaum ganzrandig; Blumenkrone kugelig; Beeren blauschwarz. Officinell die getrockneten Beeren: Baccae Myrtillorum.
V. vitis Idaea L., Preisselbeere. Zweige stielrund; Blätter verkehrt-eirund, gekerbt, immergrün, Unterseite punktirt; Blüthen in endständigen Trauben; Blumenkrone glockig; Beere roth. Von ökono-

mischem Werthe sind die an manchen Orten noch officinellen Baccae vitis idaeae.
V. Oxycoccus L., Moosbeere (Oxycoccus palustris Pers.). Auf Torfmooren des nördlichen Europa, die sauren Beeren besonders in Russland und Schottland als Nahrungsmittel; den gleichen ökonomischen Werth haben in Nordamerika die Beeren des dort einheimischen V. macrocarpum Pers.

Oleaceae Lindl.

§. 179. Bäume oder Sträucher mit gegenständigen, einfachen, ganzrandigen, selten unpaarig gefiederten, nebenblattlosen Blättern; meist hermaphroditischen, seltener diclinischen Blüthen, vierzähligen, regelmässigen Blüthendecken; Blumenkrone in der Knospenlage klappig, meist trichterförmig oder tief viertheilig. Staubgefässe stets zwei, mit zweifächerigen Antheren. Fruchtknoten zweifächerig, mit je zwei achsenständigen, hängenden, anatropen Samenknospen in jedem Fache. Früchte durch Fehlschlagen bisweilen einsamig und sich mannigfaltig entwickelnd. Steinfrucht (Olea L.), Beere (Ligustrum L.), Kapsel (Syringa L.), Flügelfrucht (Fraxinus). Samen mit reichlichem Eiweiss.

Vorkommen: Hauptsächlich in der gemässigten Zone der nördlichen Hemisphäre.

Eigenschaften: Adstringirende Stoffe in Rinde und Blättern, zuckerhaltige bei Fraxinus-Arten, die freiwillig oder durch Insektenstiche secernirt werden. Die eiweisshaltigen Samen enthalten viel fettes Oel, das auch in reichlichem Maasse in dem Fruchtfleisch von Olea europaea vorkommt.

Olea Tourn., Oelbaum. Kelch vierzähnig abfallend; Blumenkrone annähernd trichterförmig mit viertheiligem Saume; Narbe zweitheilig; Steinfrucht mit einem oder zwei steinharten Samen.

O. Europaea L., Europäischer Oelbaum, Olivenbaum. Blätter lanzettlich, ganzrandig, am Rande umgebogen, stachelspitzig, oberseits dunkelgrün, unterseits weiss-schülferig, immergrün, lederig; Blüthen in blattwinkelständigen, etwas zusammengesetzten Trauben; Steinfrucht länglich, bei cultivirten kugelförmig oder eirund. Wahrscheinlich ursprünglich in Asien zu Hause, aber seit den ältesten Zeiten im südlichen Europa cultivirt und daselbst häufig verwildert, im letzteren Zustande strauchig und bedornt, im ersteren baumartig und dornlos. Durch die Cultur sind viele Spielarten, in Bezug auf Form und Farbe der Früchte verschieden, entstanden. Das Fruchtfleisch dieser sogenannten „Oliven“ giebt gepresst das Oliven- oder Baumöl, Oleum olivarum s. provinciale.
O. fragrans Thunb. China; die wohlriechenden Blätter werden dem chinesischen Thee zugesetzt.

Fraxinus L., Esche. Kelch und Blumenkrone drei- bis vier-

theilig oder fehlend; Staubgefässe zwei; Flügelfrucht einsamig. (Oft eingeschlechtig oder vielehig).

F. Ornus L. (Ornus europaea Pers.), Manna-Esche. Blätter gegenständig, unpaarig gefiedert; Blättchen sieben bis neun, bald länglich-eirund, bald ins Rundliche und Lanzettliche gehend, gesägt, kahl; Rispen gipfelständig, dichtblüthig; Blüthe vollständig. Vorkommen im südlichen Europa. Besonders einige durch Pfropfen in Calabrien und Sicilien erzielte und in einigen Pflanzungen cultivirte Spielarten sind es, die freiwillig, vorzüglich aber in Folge von Einschnitten in den Stamm, einen süssen Saft ausscheiden, der fest geworden, die Manna darstellt, die in verschiedener Handelswaare auf den Markt kommt, Manna canellata,—Manna siciliana s. gerace,—Manna calabrina s. capace. Die Röhren-Manna und die gemeine Manna enthalten beide als wichtigsten Bestandtheil den Mannit, ferner Zucker, Schleim, Harz und Spuren einer organischen Säure und von Fraxin. Die Manna der Bibel ist eine durch den Stich einer Schildlaus hervorgerufene Ausschwitzung an den jungen Zweigen von Tamarix mannifera Ehrenberg.

F. excelsior L., gemeine Esche. In feuchten Wäldern, ändert ab mit gefiederten und einfachen Blättern, mit abstehenden und hängenden Aesten; Blüthendecken fehlend. Cortex Fraxini, zum Gerben und Färben, war officinell.

Alle Oleaceen mit Einschluss von Syringa, dem bekannten Zierstrauch, und Ligustrum, der Rainweide, werden mit Vorliebe von den Kanthariden besucht.

Die sich hier anreihende kleine Familie der Jasmineae Juss. ist durch den Wohlgeruch ihrer Blüthen ausgezeichnet; so stammt von Jasminum officinale L. in Ostindien, (Südeuropa verwildert) das verkäufliche Jasminöl (Oleum Jasmini) ab, das durch Digestion mit Sesamöl gewonnen wird. Es sind strauch- oder baumartige, diandrische, verwachsenblättrige Dicotylen, mit gegenständigen Blättern, regelmässigen, fünf- bis achtspaltigen Blumenkronen, die in der Knospe gedreht sind, mit oberständigem, zweifächerigem Fruchtknoten und ein bis vier aufrechten Eichen in jedem Fache, mit Kapseln oder Beeren, eiweisslosem Samen und geradem Keim. —

Plantagineae Vent.

§. 180. Einjährige oder ausdauernde Kräuter oder Halbsträucher, mit einfachen, seltener fiederspaltigen, oft rosettig zusammengestellten, nebenblattlosen Blättern, regelmässigen, vierzähligen, trockenhäutigen Blüthendecken. Kelch vierspaltig, bleibend, etwas unregelmässig; Blumenkrone stets regelmässig, trockenhäutig. Staubgefässe vier, mit den Blumenblättern wechselnd, in der Knospe einwärtsgebogen, mit in der Mitte befestigten, also beweglichen, zweifächerigen Antheren. Fruchtknoten meist aus zwei Fruchtblättern, zweifächerig mit centralem,

geflügeltem, seltener einfächerig mit grundständigem Samenträger. Fächer ein- bis mehreiig. Samenknospen anatrop, Griffel langgestreckt, keulig. Frucht eine ringsum aufspringende Kapsel oder eine einsamige, vom bleibenden Griffel bekrönte Nuss. Samen kahnartig, eiweisshaltig mit geradem Keim. Samenschaale aufquellbar.

Verbreitung: Vorzugsweise in der gemässigten Zone der nördlichen Erdhälfte.

Eigenschaften: Schleimige Bestandtheile, vorwiegend in den Samen, bittere und adstringirende in Kraut und Wurzel.

Plantago L., Wegerich. Blüthenstand ährenförmig; Blumenblätter vier, trockenhäutig, zurückgeschlagen; Kapsel ringsum aufspringend, zwei- bis vierfächerig.

a) Stamm verkürzt, mit grundständigen Blättern und verlängertem Blüthenschaft.

P. major L., mit fünf bis neun nervigen, eiförmigen Blättern, die als Folia Plantaginis majoris officinell waren.
P. media L., mit siebennervigen, elliptischen Blättern, Radix et herba Plantaginis mediae als Volksmittel.
P. lanceolata L., mit fünfnervigen, lanzettlichen Blättern. Obsolet: Radix et herba Plantaginis minoris s. Trinerviae.

b) Stamm beblättert, ästig.

P. Psyllium L., Flohkraut. Stengel krautig, vier gleiche, lanzettliche Kelchzipfel. Südeuropa, Meeresufer.
P. arenaria W. et H., Sandwegetritt. Stengel krautig, die zwei vorderen Kelchzipfel spatelig, stumpf, die zwei hinteren lanzettlich spitz. Sandfelder.
P. Cynops L., strauchiger Wegetritt. Stengel unten holzig, Aeste krautig, die vorderen Kelchzipfel breit-eiförmig, stachelspitzig, die hinteren schmäler, gekielt und stellenweise wimperhaarig. — Südeuropa, Meeresufer.
Von allen drei Arten, namentlich aber von den beiden ersteren, kommen die schleimhaltigen Samen Flohsamen medicinisch als Semen Psyllii hier und da zur Anwendung. Technisch sind sie im Gebrauch bei der Färberei, Musselinwäscherei, Kattundruckerei und in Seidenfabriken.

Aus der Familie der Plumbagineae Vent. ist zu erwähnen:

Plumbago europaea L., europäische Bleiwurz, im südlichen Europa und am Kaukasus wachsend, deren Wurzel, als Radix Dentariae s. Dentellariae s. St. Antonii, Antonskraut, der scharfen Bestandtheile wegen gesammelt wurde (Plumbagin). Einige Statice- und Armeria-Arten werden zur Sodabereitung verwendet.

Die Plumbagineen sind regelmässig blühende, gamo- oder polypetale Dicotylen mit fünf, den Blumenblättern gegenüberstehenden, Staubgefässen, freiem, einfächerigem Fruchtknoten, fünf Griffeln, einer hängenden Samenknospe, Kapsel- oder Nussfrüchten, eiweisshaltigen Samen und geradem Keim.

Primulaceae Vent.

§. 181. Einjährige oder ausdauernde Kräuter von sehr verschiedenem Habitus, mit meist gegenständigen, oft nur grundständigen, nebenblattlosen, vorherrschend einfachen Blättern und regelmässigen Blüthen. Kelch und Blumenkrone vier- bis fünfgliederig (Trientalis siebengliederig, Glaux ist apetal). Staubgefässe vier bis fünf, selten sieben, den Blumenblättern gegenüberstehend, der fehlende Kreis von Staubgefässen ist öfters durch Staminodien angedeutet. Fruchtknoten vorherrschend aus fünf Fruchtblättern gebildet, einfächerig, mit freiem, centralem Samenträger (Verlängerung der Blüthenachse), der reich mit Samenknospen besetzt ist, einem Griffel und kopfiger Narbe. Kapsel an der Spitze mit Klappen oder Zähnen, selten in der Mitte ringsum aufspringend. Samen eiweisshaltig, meist schildförmig. Keim gerade, meist wagerecht, seltener aufrecht.

Verbreitung: Besonders in der nördlichen Zone eingebürgert, daher in südlicheren Gegenden auf die Gebirge oder die Meeresküste beschränkt (Alpenpflanzen). Manche lieben schattige, feuchte, andere salzhaltige Stellen.

Eigenschaften: In den Primulaceen herrschen oft scharfe, brechenerregende, selbst narkotische Stoffe (z. B. im Wurzelstock von Cyclamen europaeum L.) vor. Auch finden sich in vielen Primula-Arten wohlriechende Stoffe.

Anagallis L., Gauchheil. Blumenkrone radförmig. Kapsel umschnitten.

A. arvensis L., (A. phoenicea Lamark.), rother Gauchheil, rother Hühnerdarm, rothe Miere. Blumenkrone roth, die Gipfel derselben am Rande drüsig, wimperhaarig. Bei der ähnlichen, aber seltenen A. caerulea Schreb. fehlen die Wimperhaare an der blauen Blumenkrone fast gänzlich. Auf Aeckern und Weinbergen. Medicinisch: Herba Anagallidis (phoeniceae).

Primula L., Schlüsselblume. Blumenkrone trichterförmig. Kapsel fünfklappig, vielsamig.

P. officinalis Jacq. (P. veris α, officinalis L.), gemeine Schlüsselblume, Himmelsschlüssel. Auf Wiesen, in Wäldern. Kelch fünfspaltig, scharfkantig, weit, Saum der wohlriechenden Blumenkrone dunkelgelb, fünfklappig, Lappen ausgehöhlt, um den Schlund fünf safrangelbe Flecken; Blätter runzelig, weichhaarig. Bei der ähnlichen P. elatior Jacq.: Saum der Blumenkrone hellgelb, flach, am Schlunde dunkler gelb aber nicht gefleckt, geruchlos.

Anwendung: Die ausgerupften Blumenkronen als Flores Primulae veris s. Paralyseos.

Officinell waren ferner:

Cyclamen Tourn., Erdscheibe, Saubrod. Der zu einer knollenförmigen Scheibe verdickte Wurzelstock, Radix Cyclaminis s. Arthanitae, stammt von C. europaeum L. (Cyclamin, eine dem Curare ähnlich wirkende Substanz.)

Lysimachia L., Weiderich. Kelch fünftheilig; Blumenkrone radförmig; Staubgefässe fünf; Kapsel fünfklappig.

L. Nummularia L., Münzkraut. — Herba Nummulariae.
L. vulgaris L., Lysimachie. — Herba et flores Lysimachiae. — Beide an Gräben oder sumpfigen Stellen.

Die Familie der Myrsineae R. Br. stimmt mit den Primulaceen überein in Betreff der regelmässigen Blüthen, der eigenthümlichen Stellung der Staubgefässe, so wie auch in dem einfächerigen, mit centralem Samenträger versehenen Fruchtknoten, unterscheidet sich aber durch baum- oder strauchartigen Habitus, so wie durch die Beeren- oder Steinfrüchte, welche mitunter nur einsamig sind.

Man unterscheidet:

a) Ardisiaceae; mit freiem Fruchtknoten und einsamiger Frucht.

Myrsine africana Schimp. In Abyssinien, Südafrika. Die erbsenförmigen Steinfrüchte — Tatze oder Zaseh — kamen in geringer Menge als Bandwurmmittel nach Europa.

b) Maeseae; mit verwachsenem Fruchtknoten und vielsamiger Frucht.

Maesa lanceolata Forsk. (M. picta Hochst.) Ebenfalls in Abyssinien. Die eiförmigen Beerenfrüchte sind gleichfalls als Bandwurmmittel unter dem Namen Saoria im Gebrauch.

Sapotaceae Juss.

§. 182. Milchsaftführende Bäume oder Sträucher mit zerstreuten, kurzgestielten, ganzrandigen, lederartigen, auf der Oberseite glänzenden, der Unterseite zuweilen rostfarbenen, nebenblattlosen Blättern. Blüthen regelmässig, hermaphroditisch, mit meist fünf fruchtbaren Staubgefässen, welche den Blumenblättern gegenüberstehen und oft zahlreichen Staminodien; Antheren nach aussen gewendet. Fruchtknoten frei, vier- bis zwölffächerig mit je einem aufrechten Ei in jedem Fach; ein Griffel mit einfacher oder gelappter Narbe. Frucht eine meist mehrsamige Beere; Samen gross, mit harter, glänzender Samenschaale; Embryo gross und gewöhnlich von Eiweiss umgeben.

Vorkommen: In tropischen, seltener in subtropischen Gegenden Asiens, Afrikas und Amerikas.

Eigenschaften: Einige liefern vorzügliche Nutzhölzer, andere geniessbare Früchte; die Rinden mehrerer Gattungen gelten als Fiebermittel, die Samen einiger enthalten fettes Oel, andere Milchsaft, der getrocknet im Handel vorkommt.

Chrysophyllum L., Goldblatt.

C. glycyphlaeum Cas. Ein Baum Brasiliens, dessen Rinde als

Cortex Monesiae zu den seltenen Droguen zu rechnen ist. — Extractum Monesiae, Monesin, ein dem Saponin ähnlicher Stoff.
C. glabrum L. liefert das indische Eisenholz. Von
Sideroxylon triflorum stammt das Eisenholz von Martinique etc.

Isonandra Wight., Tabanbaum.

I. Gutta Hook, ein Baum in Ostindien und auf Sumatra, enthält einen besonders reichlichen Milchsaft, der durch Einschnitte gewonnen und getrocknet die sogen. Gutta Percha oder Tuban des Handels liefert.
Die Samen von Bassia longifolia L. in Ostindien geben das fette Illipe-Oel;
aus den Samen der B. latifolia L. presst man die Muohwa-Butter; von B. Parkii DC. stammt die Shea-Butter Ostafrikas und von B. butyracea Roxb. die ähnliche Galam-Butter, alles Fette, die in ihrem Vaterlande zu Speisen, zum Brennen und zu medicinischen Zwecken vielfache Verwendung finden.

Achras R. Br., Breiapfel.

A. Sapota L., der Sapotillbaum, in Westindien und Südamerika einheimisch und häufig cultivirt, liefert eine der vorzüglichsten tropischen Obstsorten, eine zehn- bis zwölffächerige, apfelförmige Beere. Angewendet sollen noch die Grana Sapodillae, wie auch die Rinde, Cortex Sapotae werden. Der eingetrocknete Milchsaft wird unter dem Namen Balata nach Europa gebracht.

Es reihen sich zwei kleinere Familien an, die wir mehr vergleichend behandeln wollen. Nahe verwandt mit der vorhergehenden sind die

Ebenaceae Vent., die aus Bäumen und Sträuchern bestehen und sich von den Sapotaceen, ausser dem fehlenden Milchsafte, durch einwärts gewendete Antheren und durch ein bis zwei, an der Spitze jedes Faches der mehrfächerigen Beere herabhängende, Eichen unterscheiden.

Ihre geographische Verbreitung erstreckt sich zunächst über das tropische Amerika und Asien, seltener finden sie sich in Nordamerika, am Cap und der Mittelmeerregion.

In fast allen Ebenaceen ist Gerbstoff der hervorragende Bestandtheil.

Bemerkenswerth sind:

Diospyros Lotus A., Dattelpflaume. Südeuropa und Nordafrika, mit geniessbaren Früchten.

D. Ebenum Retz., D. Ebenaster Retz. und D. Melanoxylon Roxb. auf Ceylon und in Ostindien, liefern als ansehnliche Bäume das harte, glänzende, tiefschwarze Ebenholz des Handels. Ebenso Maba Ebenus Spr. auf den Molukken.

Die kleine Familie der Styraceae Rich. zeigt eine gewisse Verwandtschaft mit den Ebenaceen, insofern sie einen holzigen Habitus und einen mehrfächerigen Fruchtknoten, mit mehreiigen Fächern und hängenden Samenknospen, besitzt. Sie unterscheidet sich aber durch die tiefgespaltene Blumenkrone, mit deren Röhre die Staubgefässe theilweise verwachsen sind, sowie besonders

durch den mit dem Kelche verwachsenen, also unterständigen Fruchtknoten.

Aus dieser im tropischen Amerika und Asien, seltener in Nordamerika und am Mittelmeer, einheimischen Familie sind zu nennen:

Styrax Benzoin Dryand. ein in Hinterindien, auf Sumatra, Borneo, Java und den Molukken einheimischer Baum, von dem man durch Einschnitte Jahre lang verschiedenwerthiges Benzoëharz, Resina Benzoë, gewinnt (Benzoësäure etc.).

St. officinalis L., in Südeuropa und Kleinasien, war früher als Stammpflanze des eigentlichen Storax, Resina Storacis, in Ansehen, ist aber aus dem Handel verschwunden.

Aquifoliaceae DC.

§. 183. Sträucher oder Bäume mit einfachen, immergrünen, lederartigen, nebenblattlosen Blättern, vier- bis sechsgliederigen, regelmässigen, in der Knospenlage dachigen Blüthendecken. Staubgefässe vier bis sechs; Fruchtknoten zwei- bis sechsfächerig, mit eineiigen Fächern, hängenden Eichen und sitzenden, gelappten Narben. Beere mit steinharten, eiweissreichen Samen. Keim gerade.

Vorkommen: Hauptsächlich in Südamerika, Westindien, am Cap, weniger in Nordamerika, selten in Asien, und in Europa nur durch eine Art vertreten.

Eigenschaften: Bittere Extractivstoffe, Gerbsäure, Coffeïn, daher erregend wirkend.

Ilex L., Stechpalme. Kelch vier- bis fünfzähnig, bleibend; Blumenkrone radförmig, vier- bis fünftheilig; Staubgefässe und Narben vier bis fünf. Beeren kugelig.

I. Aquifolium L., gemeine Stechpalme, mit eiförmigen, dorniggezähnten, glänzenden Blättern und achselständigen, doldig gehäuften Blüthen. An einigen Orten werden die Blätter, Folia Aquifolii, vom Volke noch gebraucht, die grüne Rinde zu Vogelleim. Findet sich in Gebirgswäldern und cultivirt in zahlreichen Spielarten.

I. paraguayensis St. Hil., so wie noch etwa sieben andere Ilex-Arten Brasiliens, mit länglich lanzettlichen oder keilförmigen, stumpfen, entfernt gesägten Blättern, sämmtlich Bäume von beträchtlicher Höhe, geben den sogenannten Paraguay-Thee, Maté, Yerva do Mate, von dem jährlich viele Millionen Pfund in Südamerika verkauft werden wegen des ähnlichen stickstoffhaltigen, erregenden Stoffes, wie er sich im Kaffee, Thee und Cacao wieder findet.

Asclepiadeae R. Br.

§. 184. Meistens einen scharfen Milchsaft führende, vielgestaltige Kräuter oder Sträucher, regelmässig blühend, mit gewöhnlich gegenständigen, nebenblattlosen, meist einfachen, ganz-

randigen, zuweilen fleischigen Blättern. Blüthen hermaphroditisch, fünfzählig, in rispigen oder doldigen Blüthenständen. Kelch fünftheilig, bleibend; Blumenkrone fünfspaltig, abfallend, in der Knospenlage meist gedreht und mit Nebenkrone versehen. Staubgefässe fünf, mit verbreiterten Filamenten und gewöhnlich zu einem den Stempel aufschliessenden Säulchen verwachsen; Antheren zweifächerig, jedes Fach ein Pollinarium enthaltend, nach aussen mit Anhängseln versehen. Fruchtknoten aus zwei Carpellen gebildet, frei, zweifächerig, mit zwei Griffeln und einer gemeinschaftlichen, schildförmigen, fünfeckigen, drüsigen Narbe. Zwei bei der Reife getrennte Balgkapseln. Samen zahlreich, mit spärlichem Eiweiss, hängend, dachziegelig geordnet, am Nabel meist einen Haarschopf, Keim gerade.

Vorkommen: Vorzugsweise im tropischen Indien, Südamerika und Capland, einige Gattungen in Europa.

Eigenschaften: Scharfe, emetisch und drastisch wirkende Bestandtheile finden sich in Wurzeln und Blättern, häufig an die Milchsaft führenden Gefässe gebunden. — Die Bastzellen sind häufig sehr entwickelt, zäh und dauerhaft und werden deshalb technisch verarbeitet. Man unterscheidet:

a) Periploceae: Pollinarien 5 – 20, einzeln oder zu vier von den Ecken der Narbe herabhängend.

Hemidesmus R. Br. Ein kletternder Strauch Ostindiens.

H. indicus R. Br. Die Wurzel, welche im äusseren Habitus viel Aehnlichkeit mit der Sarsaparille hat, dient in ihrem Vaterlande gleich dieser als Country Sarsa oder Radix Nannary.

b) Asclepiadeae: Pollinarien 10, je zwei an den Ecken der Narbe aufgehängt.

Asclepias L., Seidenpflanze.

A. Cornuti Dec. (A. syriaca L.) Nordamerika. Seidenartig glänzende Samenwolle zum Ausstopfen von Polstern, der Bast der Stengel wird zu Gespinnsten verarbeitet.

A. curassavica L. wird in Westindien und Südamerika als Bastard-Ipecacuanha angewendet.

A. acida Roxb. Ostindien. Die heilige Soma-Pflanze der alten Indier, liefert eine Milch von angenehm säuerlichem Geschmack, aus welcher die Braminen einen berauschenden Trank, Soma oder Haoma, bereiteten.

Gymnaema lactiferum R. Br., der sogenannte Kuhbaum auf Ceylon, enthält eine trinkbare Milch.

Marsdenia tenacissima W. et Arn. Bengalen. Der Bast der Stengel dient zu dauerhaften Geweben.

Calotropis procera R. Br. Persien und südliches Asien. Officinell: Radix Mudarii, Mudarin, ein emetisch wirkender Stoff.

Cynanchum L., Hundswürger.

C. acutum L. Südeuropa. Der getrocknete Milchsaft wird in Frankreich als Scammonium gallicum s. monspeliacum verwendet.

Vincetoxicum Moench., Schwalbenwurz. Blumenkrone radförmig, fünf- bis zehnlappig, mit einfacher, fleischiger, fünflappiger Nebenkrone, die Geschlechtsorgane verdeckend.

V. officinale Moerik. (Cynanchum Vincetox. R. Br.) Eine der wenigen europäischen Arten. Officinell hier und da noch Radix Vincetoxici s. Hirundinariae.

Solenostemma Hayne. Nebenkrone glockenförmig mit fünf abgerundeten Lappen, Geschlechtssäule gestielt, weit hervorragend.

S. Arghel Hayne (Cynanchum Del.) Blätter kurz gestielt, oval lanzettlich, zugespitzt, lederartig, blassgrün. Diese Blätter finden sich den Alexandriner Sennablättern beigemengt, wirken jedoch schwächer. Nubien, Oberägypten.

Apocyneae R. Br.

§. 185. Meist tropische, durch Milchsaft ausgezeichnete, regelmässig blühende, pentandrische Pflanzen, mit oft gegenständigen, zuweilen wirtelförmigen, einfachen, ganzrandigen, nebenblattlosen Blättern. Blüthen hermaphroditisch, fünfzählig, selten einzeln, meist in gipfelständigen Trugdolden. Kelch fünftheilig, Blumenkrone fünfspaltig, in der Knospenlage gedreht und meist noch eine Nebenkrone. Staubgefässe fünf, frei, Antheren oft mit häutigem, verlängertem Anhängsel des Connectivs, mit freien oder zu vier verwachsenen Pollenkörnern. Fruchtknoten frei, zweifächerig, mit zwei Griffeln und einer eigenthümlich ringförmig ausgebreiteten Narbe. Früchte balgkapsel- oder beerenartig, mit eiweisshaltigen, öfters beschopften Samen. Keim gerade.

Verbreitung: In denTropen durch zahlreiche, in subtropischen und gemässigten Gegenden durch wenige und in Deutschland nur durch eine Gattung vertreten.

Eigenschaften: Der Milchsaft ist bald mild, bald von sehr giftiger oder wenigstens sehr scharfer Beschaffenheit. Wie bei den Asclepiadeen, so ist auch hier in gar manchen Fällen die Bastschicht der Rinde sehr entwickelt.

Vinca L., Immergrün. Blumenkrone trichter- oder tellerförmig. Antheren an der Spitze gebärtet, der Narbe anliegend, letztere scheibenförmig mit Haarkranz. Balgkapsel mit unbeschopften Samen.

V. minor L., kleineres Immergrün, Sinngrün. Halbstrauch, kriechend, mit gegenständigen, elliptisch-lanzettlichen, lederartigen, immergrünen, kahlen Blättern; Blüthen einzeln, achselständig. In Wäldern und Gebüschen. Officinell früher: Herba Vincae pervincae Vincin (Bitterstoff), Gerbstoff.
Apocynum cannabinum L., indianischer Hanf. Nordamerika.

Der Bast wird zu dauerhaften Gespinnsten verarbeitet. Officinell ist in Amerika die Wurzel: Radix Apocyni cannabini, Hundskohl.
Nerium Oleander L. Südeuropa. In der Homöopathie finden noch die Blätter Anwendung; Folia Nerii s. Rododaphnis s. Rosaginis, narkotisch-giftig.
Von anderen wichtigeren Apocyneen erwähnen wir noch:
Urceola elastica Roxb., der getrocknete Milchsaft geht unter dem Namen Caoutschuc von Sumatra und Borneo.
Tabernaemontana utilis Arn. in Südamerika, Milchbaum.
Alixia Reinwardtii Blume. Auf Java ist die Rinde, Cortex Alixiae aromaticae, officinell.
Tanghinia madagascariensis Pet. Th., auf Madagascar, Thevetia Ahovai DC. in Brasilien, Cerbera Thevetia L. in Westindien. Alle Theile dieser Bäume sind sehr giftig, besonders aber die Samen.

Zunächst verwandt ist die fast ganz tropische Familie der Loganiaceae R. Br. (Strychneae Blume).

§. 186. Häufig lianenartige Bäume oder Sträucher, mit gegenständigen, ganzrandigen und mit interpetiolaren Nebenblättern versehenen Blättern. Blüthendecken vier- bis fünf- oder zehnspaltig; Staubgefässe an der Korollenröhre befestigt, mit den Lappen des Saumes wechselnd. Fruchtknoten oberständig, meist zweifächerig mit centralen hemitropen, zahlreichen Samenknospen; Griffel einfach mit etwas schildförmiger oder kopfiger Narbe. Frucht eine Kapsel oder Beere mit zahlreichen, scheibenförmigen, dem Fruchtmarke eingebetteten Samen. Samen mit knorpeligem, grossem Eiweiss, Embryo am Grunde desselben.

Vorkommen: Fast ausschliesslich tropische Pflanzen.

Eigenschaften: Die stärksten tetanischen Gifte finden sich in dieser Familie vereinigt.

Strychnos L., Krähaugen, Brechnussbaum. Kelch kurz, fünfzähnig, Blumenkrone röhrig-trichterig, im Schlunde fünf sehr kurze Staubgefässe befestigt. Frucht eine kuglige, einfächerige, mehrsamige Beere. Samen zusammengedrückt, kreisrund mit einem Ueberzug von seidenartig glänzenden, nach der Peripherie gerichteten Haaren.

St. Nux vomica L. Ostindien (Koromandel). Ein Baum mittlerer Grösse, dessen Samen als Semina Strychnos s. Nuces vomicae (Brechnüsse, Krähenaugen) officinell sind, und die berüchtigten Bestandtheile Strychnin, Brucin und Igasurin enthalten.
Früher kam einmal statt der ächten Angustura-Rinde die Wurzelrinde dieses Baumes vor (Cortex Angusturae spurius), mit denselben giftigen Eigenschaften der Samen, und veranlasste deshalb ein längeres Verbot der medicinischen Verwendung von Angustura-Rinde.
St. colubrina L., ein Baum Ostindiens, von dem das ächte Schlangenholz, Lignum colubrinum, stammt, das in Indien gegen Schlangenbiss sehr geschätzt wird und nur schwächere Eigenschaften als Nux vomica haben soll.

St. toxifera Schomb. und Guyanensis Mart. in Guyana, sowie St. Tieuté Lesck. in Java, liefern furchtbar wirkende Pfeilgifte der Indianer — Curare-Urari bez. Upas radja, Tieuté —, die hauptsächlich Strychnin und Brucin enthalten.

St. Ignatii Berg. (Ignatia amara L. fil.), Ignatiusbaum. Strauch mit kletternden Aesten und unregelmässig eckigen Samen. Auf den Philippinen. Die Samen als Fabae Sancti Ignatii (Ignatiusbohnen) officinell; Bestandtheile wie Nux vomica, nur stärker wegen des grösseren Gehaltes an Brucin.

Gentianeae Juss.

§. 187. Kräuter mit meist gegenständigen oder abwechselnden, kahlen, ganzrandigen, nebenblattlosen Blättern, mit regelmässigen, meist fünfzählig, seltener vier- bis achtzählig ausgebildeten Blüthen, in traubigen, rispigen oder trugdoldenartigen Blüthenständen. Kelch bleibend, getheilt. Blumenkrone vier- bis achtspaltig, meist verwelkend, bleibend, mit dachiger oder klappiger Knospenlage. Staubgefässe in der gleichen Zahl wie die Blumenkronzipfel (meist fünf). Fruchtknoten normal aus zwei Fruchtblättern, deren Ränder oft eingeschlagen sind, wodurch jener zweifächerig erscheint. Ein Griffel mit zwei deutlichen Narben. Placenten wandständig mit anatropen Samenknospen. Frucht eine vielsamige, zweiklappige. seltener unregelmässig aufspringende Kapsel. Samen eiweisshaltig mit geradem Keim.

Verbreitung: Die enzianartigen Pflanzen finden sich über alle Theile der Erde, von den höchsten Alpen und dem äussersten Norden bis zu den Tropen Indiens und Südamerikas, verbreitet.

Eigenschaften: Durch Bitterstoffe, die sich oft in allen Theilen der Pflanze, besonders aber in den Wurzeln reichlich vorfinden, ausgezeichnet.

a) Gentianae verae. Blätter gegenständig; Knospenlage der Blumenkrone dachig oder gedreht; Fruchtknoten ohne unterständige Scheibe. Landpflanzen.

Gentiana L., Enzian. Kelch vier- bis fünftheilig, seltener einseitig aufgeschlitzt; Blumenkrone cylindrisch oder glockig mit fünftheiligem Saum; Staubgefässe meist fünf; Antheren nach dem Verblühen gerade; Griffel sehr kurz; Narben zwei; Kapsel länglich, einfächerig, zweiklappig.

G. lutea L, gelber Enzian. Blätter sehr breit elliptisch, fünfnervig; Kelch scheidenartig, Blumenkrone radförmig mit nacktem Schlund, Lappen des Saumes dreimal so lang als die Röhre. Höhere Gebirge. Officinell: Radix Gentianae luteae, rubrae s. majoris. Ein Theil kommt auch von

G. pannonica Scop., östreichischer Enzian. Kelch sechs- bis siebenspaltig, Röhre der Corolle glockig mit dreimal kürzerem Saum. Bairische und tyroler Alpen.

G. purpurea L. mit sitzenden Blüthen und zusammenhängenden Antheren. Schweizer Alpen.
G. punctata L. Mähren, Schlesien. Kelchzähne aufrecht, trockenhäutig, Blumenkrone dunkel purpurfarben gefleckt, Zipfel des Saums nur ein Viertel so lang als die Röhre.
Diese vier Arten enthalten Gentianin (Bitterstoff) und Gentisin, ein krystallinischer, nicht bitterer, gelber Stoff.
G. amarella L. und campestris L. lieferten das obsolete Herba Gentianellae.

Erythraea Rich., Tausendgüldenkraut. Kelch fünfspaltig; Blumenkrone trichterförmig, fünfspaltig; Staubgefässe fünf; Antheren nach dem Verblühen strickartig gedreht. Griffel deutlich mit zwei Narben.

E. Centaurium Pers., gemeines Tausendgüldenkraut. Stamm einfach, vierkantig; Blätter eirund, drei- bis viernervig, die grundständigen rosettig. Endständige Trugdolde mit rosafarbigen Blüthen. Officinell: Herba (et Summitates) Centaurii minoris von reinem, intensivbitterem Geschmack.
Als Verwechslungen werden aufgeführt:
E. ramosissima Pers. Stämmchen von unten an verästelt und ohne grundständige Blattrosette.
E. linariaefolia Pers. hat schmale, lineare Blätter.

b) Menianthеae. Blätter abwechselnd. Knospenlage der Blumenkrone klappig. Fruchtknoten auf einer unterständigen Scheibe stehend oder von Drüsen umgeben. Staubgefässe fünf, Narbe eine. Wasser- oder Sumpfpflanzen.

Menyanthes L., Fieberklee, Zottenblume. Kelch fünftheilig; Blumenkrone trichterförmig, fünftheilig. Fruchtknoten am Grunde eine gewimperte Scheibe. Kapsel einfächerig; Samenträger auf der Mitte der Klappen.

M. trifoliata L., dreiblättriger Bitter- oder Fieberklee. Wurzelstock kriechend; Blätter dreizählig, langgestielt; Traube langgestielt, vielblüthig; Blumenkrone weiss röthlich mit bärtigem Saum. Officinell: Herba Trifolii fibrini Enthält Menyanthin (Bitterstoff). Auf feuchte Wiesen, an Sumpfgräben.

Solanaceae Bartlg.

§. 188. Einjährige oder ausdauernde Kräuter oder Sträucher mit abwechselnden, nebenblattlosen, einfachen, seltener fiederspaltigen oder verschieden gestalteten Blättern; regelmässige oder etwas zur Unregelmässigkeit neigende, hermaphroditische, pentandrische, gamopetale Blüthen. Kelch fünfspaltig oder fünftheilig bleibend oder sich nach dem Verblühen vergrössernd oder sich ringsum ablösend. Blumenkrone mit meist fünftheiligem Saume, abfallend, in der Knospenlage gefaltet oder klappig. Staubgefässe fünf, Antheren zweifächerig, in der Regel der Länge nach sich öffnend. Fruchtknoten frei, am Grunde von einer

Scheibe umgeben, zwei- bis vierfächerig, mit centralem, umfangreichem Samenträger und zahlreichen, campylotropen Samenknospen. Ein Griffel mit einfacher Narbe. Frucht kapsel- oder beerenartig, zwei- bis vierfächerig; das Oeffnen der ersteren geschieht auf mannigfache Weise. Samen zahlreich, nierenförmig, eiweisshaltig. Keim (bei einheimischen Gattungen) ringförmig oder spriralig gekrümmt.

Vorkommen: Die meisten Solaneen gehören der heissen Zone an, und da ist Südamerika besonders bevorzugt. Die gemässigte Zone hat nur geringen Antheil an der Verbreitung.

Eigenschaften: Mit wenigen Ausnahmen sind es scharfe oder narkotisch wirkende Giftstoffe, die den hierher gehörigen Pflanzen eigen sind. Die bekannten Alkaloide Solanin, Nicotin, Atropin finden sich in der ganzen Pflanze vertheilt, sie sind also nicht etwa an Milchsaftgefässe gebunden. Stärkemehl ist in den unterirdischen Pflanzentheilen anzutreffen und am reichlichsten vertreten sowie durch Grösse und charakteristische Form ausgezeichnet bei unserer Kartoffel, die jedoch ebenfalls in den im Keller getriebenen bleichen Sprossen Solanin enthält.

a) Curvembryae Endl. Keim mehr oder weniger gekrümmt.

Nicotiana L., Tabak. Kelch nach dem Verblühen bleibend; Blumenkrone trichterförmig mit faltigem, fünfklappigem Saum; Narbe kopfförmig; Kapsel vierklappig. Diese wichtige landwirthschaftliche Culturpflanze ist seit Ende des 16. Jahrhunderts aus Südamerika nach Europa verbracht worden. Die officinellen Blätter, Herba Nicotianae, stammen von folgenden drei Arten ab:

N. Tabacum Metzger., Virginischer Tabak. Blätter länglich, die Hauptadern von der Mittelrippe unter einem spitzen Winkel abgehend; die rosenrothe Blumenkrone mit länglich-zugespitzten Zipfeln.

N. macrophylla Metzger., Maryland-Tabak. Blätter eiförmig, breit, die Hauptadern von der Mittelrippe unter einem fast rechten Winkel abgehend. Die rosenrothe Blumenkrone mit kurzzugespitzten Zipfeln.

N. rustica L., Bauern- oder Veilchentabak. Blätter eirund, stumpf, dicklich, graugrün. Die grüngelbe Blumenkrone mit stumpfen Lappen. Südamerika. Hauptbestandtheil der erwähnten Arten: Nicotin.

Datura L., Stechapfel. Kelch nach dem Verblühen gleichsam umschnitten abfallend, um sein unteres Ende als kreisförmige Leiste bleibend und sich später abwärts biegend. Blumenkrone und Kapsel wie bei Nicotiana; Narbe zweilappig.

D. Stramonium L., gemeiner Stechapfel. Blätter buchtig-gezähnt, Kapseln dornig. Aendert ab mit stahlblauer Färbung der ver-

schiedenen Pflanzentheile (D. Tatula L.). Aus dem Orient eingewandert. Officinell: Herba s. Folia, häufiger Semen Stramonii. — Hauptbestandtheil: Daturin, identisch mit Atropin. Gefährliche Giftpflanze.

Hyoscyamus L., Bilsenkraut. Kelch krugförmig, bleibend; Blumenkrone ungleich-trichterförmig; Kapsel zweifächerig, mit ringsum abspringendem Deckel.

H. niger L., schwarzes Bilsenkraut. Die ganze Pflanze klebrig, zottig; Stamm aufrecht; Blätter halbstengelumfassend, eirundlänglich, buchtig-fiederspaltig; Blüthen an einer einseitswendigen Aehre fast sitzend. Blumenkrone gelblich, violett geadert; Samen nierenförmig, graugrün. Widerlicher Geruch. Giftig! Auf Schutthaufen, an Wegen. Officinell: Herba s. Folia und Semen Hyoscyami. Bestandtheile: Hyoscyamin, dem Atropin nahe stehend.

Physalis L., Schlutte. Kelch fünfspaltig, bleibend, nach der Blüthe blasenförmig sich vergrössernd, die Beerenfrucht einschliessend; Blumenkrone radförmig; Antheren in Längsspalten aufspringend.

Ph. Alkekengi L., Judenkirsche, Blasenkirsche. Stamm ästig; Blätter langgestielt, eirund, spitz, geschweift-gezähnt; Blüthen achselständig, einzeln, nickend; Kelch bei der Fruchtreife mennigroth.
In Weinbergen und Gebüschen, besonders auf Kalkboden. Officinell waren früher die reifen, geniessbaren Beeren: Baccae Alkekengi s. Halicacabi. Bestandtheile: Im Kelche das Physalin, ein Bitterstoff.

Capsicum L., Beissbeere. Kelch und Blumenkrone flach ausgebreitet, fünf- bis sechsspaltig; Staubbeutel getrennt, mit Längsritzen aufspringend. Reife Beeren lederartig-trocken.

C. annuum L., Spanischer Pfeffer (C. annuum Fing. mit aufrechten, und C. longum Fing. mit hängenden Früchten). Aus Südamerika nach allen Welttheilen verbreitet. Officinell: Die verschiedenfarbige Frucht sammt den Samen als Fructus Capsici annui s. Piper hispanicum s. indicum und ökonomisch als Gewürz. Bestandtheil: Capsicin, sehr scharfes mit Farbstoff gemengtes Weichharz.
Die Früchte von Capsicum frutescens Willd., baccatum L., minimum Mill. etc. in Westindien und Südamerika, kommen als Cayenne-Pfeffer in den Handel.

Solanum L., Nachtschatten. Kelch fünfspaltig; Blumenkrone radförmig; Antheren zusammenneigend, an der Spitze mit zwei Poren aufspringend.

S. nigrum L., schwarzer Nachtschatten. Blätter einfach, buchtig-gezähnt. Die reifen Beeren sind schwarz, seltener gelb oder roth, wonach verschiedene Arten unterschieden werden. Lästiges Unkraut, nicht sehr gefährliche Giftpflanze. Hier und da kommt noch das Kraut in Anwendung als Herba Solani nigri.
S. tuberosum L., Kartoffel. Wurzelstock mit einjährigen Knol-

len; Blätter unpaarig, unterbrochen gefiedert; Blüthen doldentraubig; Beeren kugelig, grün. Aus Peru und Chili stammend; in zahlreichen Spielarten, allgemein cultivirt.

S. Dulcamara L., Bittersüss. Halbstrauch niederliegend oder klimmend; Blätter verschiedengestaltig; Blüthen in fast blattgegenständigen Doldentrauben; Beere eilänglich, roth. An Flussufern, in Weidengebüsch. Giftig. Officinell: Die jüngeren Aeste als Stipites Dulcamarae.

Bei den drei angeführten Arten findet sich das Solanin.

S. Melongena L. und ovigerum Dun., Eierpflanze, im tropischen Asien und Afrika einheimisch und in Südeuropa cultivirt, liefern geniessbare Früchte.

Lycopersicum Tourn., Liebesapfel. Blüthenhüllen wie bei Solanum; Staubbeutel nach innen mit Längsritzen sich öffnend; Beere saftig.

L. esculentum Mill., Paradiesapfel, Tomate. Gelbblühend, Blätter gefiedert. Früchte ansehnlich, niedergedrückt-kugelig, scharlachroth, gelb oder weiss. Südamerika. Der essbaren Beeren wegen cultivirt.

Atropa L., Tollkirsche. Kelch fünftheilig, bleibend; Blumenkrone glockig, fünflappig; Antheren in Längsspalten sich öffnend. Frucht eine Beere.

A. Belladonna L., Wolfskirsche, Tollkraut. Stamm aufrecht, gabelästig; Blätter eiförmig, spitz, ganzrandig, fast kahl; Blüthenstiele ein bis drei, achsenständig, drüsig behaart; Beeren kugelig, glänzend schwarz; vom bleibenden Kelche umgeben; Blumenkrone braunroth. In Laubwäldern. Sehr giftig. Officinell: Radix et Herba s. Folia Belladonnae s. Solani furiosi. Hauptbestandtheil: Atropin.

b) Bectembryae Endl. Keim gerade.
Aus dieser Abtheilung sind keine officinellen Pflanzen zu erwähnen.

Convolvulaceae Vent.

§. 189. Häufig windende und Milchsaft führende Kräuter oder Sträucher mit abwechselnden, ganzen, gelappten, selten fiedertheiligen, nebenblattlosen Blättern; Blüthen regelmässig, hermaphroditisch, pentandrisch, einzeln oder in traubigen und trugdoldenartigen Blüthenständen. Kelch bleibend, meist fünftheilig; Blumenkrone meist trichterförmig, fünflappig, mit gefalteter oder gedrehter Knospenlage, abfallend. Staubgefässe fünf, dem Grunde der Blumenkrone eingefügt und mit deren Lappen abwechselnd, zweifächerig, der Länge nach aufspringend. Fruchtknoten frei, zwei- bis dreifächerig auf einer ringförmigen Scheibe sitzend; Fächer mit zwei- bis vier aufrechten Eiern, die an der

Basis des axenständigen Samenträgers sitzen. Ein Griffel mit einfacher oder gespaltener Narbe. Kapseln meist an den Scheidewänden, seltener unregelmässig aufspringend. Samen mit geringem, schleimigem Eiweiss; Keim gekrümmt, mit blattartigen, eigenthümlich gefalteten Cotyledonen.

Verbreitung: Europa hat nur wenige Arten, dabei ist die Mittelmeerregion bevorzugt. Die meisten gehören warmen und tropischen Erdstrichen an, besonders Centralamerika.

Eigenschaften: Drastisch purgirende Stoffe in dem an Harz reichen Milchsaft; die knolligen Wurzeln sind zum Theil reich an Stärkemehl; in den Samen fettes Oel.

Convolvulus L., Winde. Kelch fünftheilig, mit zwei etwas entfernt stehenden Bracteen; Blumenkrone trichterig, fünfspaltig mit fünflappigem Saume; Staubgefässe fünf; Griffel mit zwei Narben; Kapsel zweifächerig, zweiklappig.

C. Scammonia L., Purgirwinde. Stengel windend, Blätter pfeilförmig mit spitzen Lappen. Eine in Hecken durch Griechenland, Syrien und Kleinasien vorkommende Pflanze, aus deren Wurzel man durch Aufschneiden den Milchsaft gewinnt, der getrocknet das Alepische oder Smyrnaer Scammonium des Handels darstellt. Scammonium Halepense et Smyrnaicum. Als wirksamer Bestandtheil ist ein Harz anzusehen, das mit Jalapin identisch sein soll. Der vielen Verfälschungen wegen ist in der englischen und deutschen Pharmacopoe die getrocknete Wurzel als officinell angeführt, aus der man selbst das Harz darstellen soll. Radix Scammoniae.

C. scoparius L. Auf Teneriffa, Palma, in Marocco. Das Wurzelholz enthält ätherisches Oel und erinnert an Rosenöl. — Lignum Rhodii.

Ipomaea L., Trichterweide. Unterscheidet sich von Convolvulus nur durch die kopfförmige Narbe.

I. Purga Hayne. Stengel windend; Blätter herzförmig, zugespitzt, kahl; Kelchzipfel ungleich gross, Blumenkrone präsentirtellerförmig. In schattigen Waldungen der mexicanischen Anden in 5—6000′ Höhe. Die Wurzelknollen sind die Tubera s. Radix Jalapae ponderosae. — Wirksamer Bestandtheil ist das Convolvulin.

I. Orizabensis Pell., ebenfalls in Mexiko, liefert unter dem Namen Jalapenstengel, Stipites Jalapae (Radix Jalapae levis s. fusiformis das Material zur Darstellung von Resina Jalapae.

I. Turpethum L., lieferte die obsolete Radix Turpethi.

Batatas L., Batate. Narbe zweilappig; Kapsel drei- bis vierfächerig und samig.

B. Jalapa Chois., in Mittelamerika, soll früher die Radix Machoacannae griseae geliefert haben.

B. edulis Chois. (Convolvulus Batatas L.). Die süsse Kartoffel Südamerikas. Wichtige Culturpflanze aller tropischen Länder, auch im Süden Europas gebaut, wegen der grossen milchsaftarmen, aber stärkemehlreichen Wurzelknollen.

Die kleine Familie der Cordiaceae R. Br. verbindet die Convolvulaceen mit den Borragineen, einerseits durch die gefalteten Cotyledonen, andererseits durch die rauhen Blätter. Sie enthält jedoch nur Bäume oder Sträucher mit mehrfächerigen Steinfrüchten.

Cordia Plum. Brustbeerbaum in Ostindien, Aegypten. Officinell waren die Früchte als schwarze Brustbeeren — Myxae vel Sebestenae von C. Mixa L.

C. Boissieri DC. Das schon mehrmals aus Mexico eingeführte Stamm- und Astholz dieses Baumes ist das gegen Lungenschwindsucht in Anwendung gebrachte sogen. Anacahuiteholz.

Borragineae Juss. (Asperifoliae L.)

§. 190. Kräuter, selten Halbsträucher, mit abwechselnden, einfachen, fast ausnahmslos borstig-rauhhaarigen, nebenblattlosen Blättern. Blüthenstand trugdoldenartig, einseitswendig, im Knospenzustand eingerollt (Wickel, Cyma scorpioidea). Kelch und Blumenkrone fünfspaltig oder fünftheilig, meist regelmässig. Blumenkrone in der Knospenlage dachig, im Schlunde durch verschiedenartige Anhängsel, die sogenannten Wölbschuppen (fornices) oder Deckklappen, oder durch Verengungen ausgezeichnet. Staubgefässe fünf. Fruchtknoten frei, einer unterständigen Scheibe eingefügt, aus zwei Fruchtblättern gebildet, die durch Einfaltung in je zwei einsamige Spaltnüsschen zerfallen, selten ungetheilt, mit einem, selten endständigem, meist an der Basis des Fruchtknotens entspringendem Griffel. Die vier oder zwei nussartigen Spaltfrüchtchen sind meist mit Borsten oder Haken besetzt und von dem bleibenden Kelche eingeschlossen. Samenknospen hängend, anatrop. Samen fast eiweisslos mit geradem Keim.

Vorkommen: Hauptsächlich in den aussertropischen, gemässigten Gegenden, Mittelmeerregion.

Eigenschaften: Sehr unschuldige Heilmittel ihrer vorwiegend schleimigen Bestandtheile wegen, ausserdem finden sich noch Farbstoffe und Stärkemehl in den Wurzeln. Auffallend ist der gänzliche Mangel an ätherischem Oele und das öftere Wechseln der Farbe beim Auf- und Abblühen.

a) Ehretiaceae Endl. Mit endständigem Griffel. Enthalten keine arzneilich verwendbaren Pflanzen.

b) Borragineae verae Endl. Mit grundständigem Griffel. (An der Basis der Spaltnüsschen.)

Lithospermum Tourn., Steinsamen. Schlund durch fünf Falten etwas verengert; Deckklappen fehlend.

L. officinale L. Stamm sehr ästig. Nüsschen glatt, weiss, glän-

zend. Letztere waren früher als „Steinhirse", Fructus Milii solis officinell. An Ufern, in feuchtem Gebüsch.

Pulmonaria L., Lungenkraut. Statt der Deckklappen am Schlunde der trichterförmigen Blumenkrone fünf Haarbüschel.

P. officinalis L. Borstig-rauhhaarig, die Wurzelblätter herzförmig mit schmal geflügeltem Blattstiel, oben sitzend, eirund-elliptisch. Die Blätter hier und da noch als Herba Pulmonariae maculosae officinell. In schattigen Laubwäldern.

Cynoglossum L., Hundszunge. Blumenkrone trichterförmig mit stumpfen Deckklappen. Nüsschen oberseits abgeplattet weich-stachelig, hakig.

C. officinale L. Stamm und Blätter graufilzig, Blüthe braunroth. Officinell waren früher Radix et herba Cynoglossi s. linguae caninae. An Wegen, auf Triften.

Symphytum Tourn., Beinwell, Schwarzwurz. Blumenkrone walzig-glockig mit pfriemlichen, zusammenneigenden Deckklappen; Nüsschen vier, am Grunde mit einer Nabelgrube versehen, deren Rand aufgeworfen und gerieft ist.

S. officinale L. Blätter rauhhaarig, herablaufend. Blüthen violett, rosenroth oder weisslich. Die spindelförmige, ästige Wurzel ging unter dem Namen Radix Consolidae majoris. An Bächen, feuchten Ufern.

Alkanna Tausch. Blumenkrone trichterförmig mit fünfspaltigem Saum, im Schlunde fünf linienförmige, gefaltete Deckklappen; Nüsschen gekrümmt.

A. tinctoria Tausch. Südöstliches Europa. Officinell ist die zur Färberei von Fetten und Oelen dienende Wurzel, Radix Alkannae.

Anchusa L., Ochsenzunge. Blumenkrone trichterförmig mit gerader Röhre und fünf gewölbten Deckklappen; Nüsschen wie bei Symphytum.

A. officinalis L. Früher als Radix et herba Buglossi officinell.

Borrago L., Borretsch. Blumenkrone radförmig, mit fünf kurzen, gekerbten Deckklappen; Nüsschen wie oben.

B. officinalis L. Im Orient einheimisch, in Gärten cultivirt und verwildert. Früher als Herba Borraginis officinell.

Labiatae Juss.

§. 191. Einjährige oder ausdauernde, aromatische Kräuter, selten Halbsträucher, mit fast immer vierkantigen Stengeln; gegenständigen, selten quirligen, einfachen, gespaltenen oder getheilten, nebenblattlosen Blättern. Die Blüthenstände sind sogenannte

Scheinquirle (verticillastra), eine Art gegenständiger Trugdolde, die bald ährenförmig oder rispig, bald aus zahlreichen, bald aus wenigen Blüthchen zusammengesetzt ist. Blüthen vorwiegend hermaphroditisch, unregelmässig. Kelch bleibend, röhrig und dann meist fünfzähnig, oft zweilippig. Blumenkrone meistens zweilippig, selten scheinbar einlippig oder trichterförmig; Oberlippe oft helmartig oder zweispaltig entwickelt, zuweilen aber auch sehr verkürzt; Unterlippe dreilappig. Staubgefässe in der Regel vier, didynamisch oder durch Fehlschlagen diandrisch. Antheren in Längsspalten sich öffnend, meist zweifächerig, mit oft eigenthümlich entwickeltem Mittelband. Fruchtknoten aus zwei Fruchtblättern bestehend, tief viertheilig, auf einem mehr oder minder entwickelten Polster entspringend; Griffel grundständig mit meist zweispaltiger Narbe. Je eine aufrechte, anatrope Samenknospe in einem halben Fruchtblatt, die zur Zeit der Fruchtreife in vier Theilnüsschen zerfallen, und vom Kelche umschlossen. Samen mit wenig Eiweiss und geradem Keim.

Vorkommen: Mittelmeerregion oder überhaupt in der gemässigt warmen Zone, während der Norden und die Tropen nur wenige Arten aufzuweisen haben.

Eigenschaften: Fast ausschliesslich ätherisches Oel, entweder in allen über dem Boden befindlichen Theilen in eingesenkten Drüsen, oder vorwiegend an den Blüthentheilen, in äusseren Drüsen und Drüsenhaaren. Deshalb schon beim Berühren der höchst aromatische Geruch. Ausserdem noch bittere und adstringirende Bestandtheile, nebst reichlicher Honigabsonderung.

G. Bentham theilt diese grosse, aus etwa 1200 Arten bestehende Familie in einige Unterfamilien, von denen die medicinisch wichtigen aufgeführt werden sollen:

1. Monardeae: Staubgefässe zwei; Antherenfächer lineallänglich, die zwei oberen steril, häufig von einander getrennt.

Salvia L., Salbei. Kelch zweilippig; Oberlippe der Blumenkrone gewölbt, Unterlippe dreilappig, Mittellappen am grössten; Staubgefässe zwei, unter der Oberlippe gleichlaufend, Connectiv der Antheren wagebalkenartig verlängert mit einem fruchtbaren Antherenfach.

S. officinalis L, Halbstrauch. Südeuropa. Häufig als Gewürzpflanze in unseren Gärten. Stengel weissgrau-filzig, Blätter länglicheirund, klein gekerbt, runzlig, dünnfilzig. Oberlippe der Blumenkrone fast gerade, Blumenkronröhre innen mit einem Haarkranz. Officinell sind die Blätter, Folia Salviae.

S. pratensis L., Wiesensalbei, mit doppelt gekerbten, unterseits

weichhaarigen Blättern, war früher als Herba Hormini pratensis officinell.
S. Sclarea L. Ansehnliche Pflanze Südeuropas mit drüsig-zottigem Stengel und fast betäubendem Geruch, war als Herba Sclareae s. Hormini sativi officinell.

Rosmarinus Tourn., Rosmarin. Südeuropa. Kelch glockig, zweilippig; Oberlippe einfach, die untere gespalten; Blumenkrone zweilippig, Oberlippe zweispaltig, die untere dreispaltig, mittlerer Lappen herabhängend; Staubgefässe zwei, gekrümmt, das Connectiv auf einer Seite in eine abwärts gerichtete Spitze, bei Salvia in ein fast wagrecht abstehendes Köpfchen endigend.

R. officinalis L. Blätter klein, schmal, lederartig, am Rande zurückgeschlagen, unten weissgrau. Trauben armblüthig, auf dem Gipfel der jüngsten Zweige. Blüthenstielchen länger als die Deckblättchen. Officinell sind die Blätter, Folia Rosmarini. In neuerer Zeit kommen statt der ächten Rosmarinblätter die von Santolina rosmarinifolia und Chamaecyparissus L. oder die Herba Anthos theils aus Dalmatien über Triest, theils aus Spanien und dem südlichen Frankreich im Handel vor. Ebenso hüte man sich vor der Verwechslung mit den Blättern von Ledum, die jedoch breiter und auf der Unterseite einen rothbraunen Filz besitzen.

2. Ocimoideae: Staubgefässe didynamisch, gekrümmt, nach abwärts gebogen; Antherenfächer zusammenfliessend, nierenförmig.

Ocimum L., Basilicum. Oberlippe des Kelchs helmartig, ganz, Unterlippe vierzähnig; Oberlippe der Korolle vierspaltig, Unterlippe ganz; Staubfäden der letzteren aufliegend.

O. Basilicum L. Ostindien. Häufig in Gärten gebaute Gewürzpflanze mit aufrechtem, ästigem Stengel, kahlen, oval-länglichen, etwas gesägten Blättern. Officinell an einigen Orten: Herba Basilici majoris et minoris, letzteres von O. minimum L.

Lavandula L., Lavendel. Kelch röhrig, kurz, fünfzähnig, der oberste Zahn grösser; Oberlippe der Korolle zweispaltig, Unterlippe dreispaltig mit gleichen aber schmäleren Lappen.

L. vera DC. (L. spica α L., L. angustifolia Ehrh.). Aechter, französischer Lavendel, Halbstrauch. Kelch oberwärts meist amethystblau gefärbt, Röhre der Blumenkrone fast doppelt so lang als der Kelch, Deckblättchen eirund, fast rautenförmig, Blätter schmal mit umgerollten Rändern. Wildwachsend in Südeuropa, häufig in Gärten cultivirt.
L. Spica DC. (L. spica β L., L. latifolia Ehrh.) Italienischer Lavendel. Kelch bleicher in der Farbe, Röhre der Blumenkrone kürzer, Deckblättchen linealisch, Blätter breiter, weniger eingerollt. Südeuropa, überdauert bei uns den Winter nicht.
Von beiden stammen die Flores Lavendulae, jedoch vorwiegend von der ersteren, sowie auch Oleum Lavendulae, während von L. Spica durch Destillation das ächte Oleum Spicae gewonnen wird.

3. Satureieae: Staubgefässe didynamisch oder seltener zwei, gerade oder gebogen, nach aussen gerichtet oder unter der Oberlippe zusammengeneigt.

Mentha Will., Minze. Kelch fünfzähnig; Blumenkrone trichterförmig, vierspaltig; Staubgefässe didynamisch.

M. piperita L., Pfefferminze. Die Blätter sind gestielt, länglich-ei- oder lanzettförmig, spitz, am Grunde stumpf, ungleich scharfsägezähnig, oberseits dunkelgrün, unterseits matter, nur an den Nerven behaart und mit kleinen braunen Oeldrüsen dicht besetzt. Blüthen am Gipfel der Achse ährenförmig zusammengedrängt, Kelchzähne pfriemlich, bei der Fruchtreife gerade hervorgestreckt. Sie besitzen einen gewürzhaften, erwärmenden, nachher auffallend kühlenden Geschmack. Officinell sind die Blätter, Folia Menthae piperitae. Ursprünglich in England wild, wird die Pflanze allgemein cultivirt und ist in einigen Gegenden verwildert. Oleum aethereum Menthae piperitae.

Als Verwechslung können betrachtet werden die an Bächen und Sümpfen häufig vorkommende wilde Minze, Mentha silvestris L. und vulgaris Koch., mit ungestielten, länglich-lanzettförmigen, unterseits weissfilzigen Blätter. Noch wichtiger ist die in unseren Gärten häufig cultivirte kahle Form der vorigen, Mentha silvestris L. γ glabra Koch. (M. viridis L.), aber auch sie hat sitzende oder unmerklich gestielte, hellgrüne Blätter, und dabei einen sehr schwachen, kaum kühlenden Geschmack.

M. crispa L. (M. aquativa γ. crispa Benth.), Krauseminze. Blätter kurz gestielt oder sitzend, breit-eirund, kaum zugespitzt, blasig-runzlig, unregelmässig gezähnt und kraus, vorwiegend unterseits behaart und mit deutlichen Oeldrüsen dicht besetzt. Blüthen in kopfförmigen, endständigen Scheinquirlen. Riechen und schmecken angenehm aromatisch. Von dieser Abart werden im Norden die meisten Folia Menthae crispae gesammelt, während sie in unseren Gärten selten anzutreffen ist. — Dafür finden wir, selten wild, in unseren Gärten und auch im Handel:

M. silvestris L. β undulata Koch. (M. undulata Willd.) Blätter länglich- bis breit-eirund, halbstengelumfassend, zugespitzt, ungleich eingeschnitten gesägt, wollig oder kraus. Endständige, ährenartige Scheinquirle. Geruch schwächer. — Auch von zwei weiteren krausblättrigen Minzen werden hier und da die Blätter gesammelt:

M. viridis L. γ crispa Benth. (M. crispata Schrad.) mit kahlen oder nur auf den Nerven der Unterseite schwach behaarten, eilänglichen, blasig-runzligen, eingeschnitten gesägten, welligen, zugespitzten, unterseits blasseren Blättern, und sehr verlängerten, ährenförmigen Scheinquirlen.

M. arvensis L. δ crispa Benth (M. sativa Nees). Blätter kurzgestielt, breit-eirund, blasig-runzlig, etwas kraus und beiderseits rauhhaarig, unregelmässig gezähnt. Blüthenstände achselständig, fast kuglig. Geruch sehr angenehm, an Melisse erinnernd. Alle diese Krauseminzen geben das Oleum aethereum Menthae crispae in schwankenden Mengen, ein bis zwei Procent, und enthalten noch eisengrünenden Gerbstoff.

M. Pulegium L., Poleiminze. Stengel aufsteigend, Blätter gestielt, rundlich. Blüthenstände entfernt, kuglig. Lieferte früher Herba Pulegii.

Pogostemon Desf., Patschouli.

P. Patschouli Pellet. Halbstrauch Hindostans, Bengalens. Das Kraut kommt als Parfümerie in den Handel.

Origanum L., Dosten. Kelch röhrig, fünfzähnig, im Schlunde wollig; Oberlippe der Blumenkrone aufrecht, Unterlippe dreilappig; Staubgefässe an der Spitze auseinandertretend.

O. vulgare L., Gemeiner Dosten, wilder Majoran. Stamm aufsteigend, weichhaarig; Blätter eiförmig, ganzrandig, gewimpert, Blüthenähren endständig in vierseitigen, gedrungenen Rispen, mit eiförmig-länglichen gefärbten Deckblättchen. Officinell: Die blühenden Gipfel als Herba (et Summitates) Origani vulgaris.
O. Majorana L., Gartenmajoran. Stengel von unten an ästig, dicht und zart behaart, ebenso die elliptischen fast sitzenden Blättchen; Aehren zu dreien kopfig-gehäuft. Südeuropa und Nordafrika, häufig in Gärten. Officinell: Herba Majoranae.
O. smyrnaeum Benth. Stengel einfach, nur die unteren Blättchen gestielt, Aehren in einer ziemlich flachen Doldentraube stehend. — Griechenland, Kleinasien. Die blühenden Gipfel bilden für sich allein oder mit denen von O. vulgare *b* megastachyum, von O. hirtum Link. und Thymus coriaceus Vag. vermischt die Herba Origani cretici, „Spanischer Hopfen".

Thymus L., Thymian. Kelch zweilippig, im Schlunde wollig; Blumenkrone und Staubgefässe wie vorige.

Th. Serpyllum L., Feldthymian, Feldkümmel, Quendel. Stamm meist niederliegend, ästig; Blätter elliptisch, eilänglich, stumpf, ganzrandig, flach; Scheinquirle kopfig gedrängt. Variirt sehr in der Grösse und Behaarung aller Theile. An trocknen Stellen überall verbreitet. Officinell: Herba Serpylli.
Th. vulgaris L., Gartenthymian. Kleiner Halbstrauch mit büscheligen Blättern und umgerollten Blatträndern. Südeuropa. Officinell: Herba Thymi.

Satureja L., Saturei. Kelch röhrig, fünfzähnig; im Schlunde fast kahl; Blumenkrone mit aufrechter Ober- und dreilappiger Unterlippe. Staubgefässe an der Seite zusammenneigend.

S. hortensis L., Bohnen- oder Pfefferkraut. Stamm aufrecht, ästig, fein drüsig-behaart; Blätter schmal, gewimpert, unterseits vertieft-punktirt; Blüthenstand armblüthig. Aus Südeuropa stammend, in Gärten cultivirt. Herba Saturejae.

Melissa L., Melisse. Kelch zweilippig, Oberlippe flach abstehend; Blumenkrone mit concaver Oberlippe und dreitheiliger Unterlippe. Staubgefässe wie vorige.

M. officinalis L., Heilkräftige Melisse. Stamm ästig, nebst den eiförmigen, spitzen, kerbig-gesägten Blättern weichhaarig; Scheinquirle einseitswendig in den Blattwinkeln. Südeuropa; bei uns in Gärten, mit citronähnlichem Wohlgeruch. Officinell: Herba Melissae.

Hyssopus L., Ysop. Kelch röhrig, fünfzähnig; Blumenkrone hervorstehend, mit aufrechter, ausgerandeter Oberlippe und dreilappiger Unterlippe. Staubgefässe hervorragend, Antheren divergirend.

H. officinalis L. Stengel aufrecht; Blätter lanzettlich, lineal, ganzrandig, unterseits punktirt. Scheinquirle in einseitswendigen Trauben. Südeuropa — bei uns in Gärten. Officinell: Die Blätter und blühenden Gipfel als: Herba Hyssopi.

4. Nepeteae. Staubgefässe didynamisch, die beiden oberen länger; Kelch fünfzehnnervig; Oberlippe der Blumenkrone ziemlich flach.

Nepeta L., Katzenminze. Kelch röhrig, fünfzähnig; Mittellappen der Blumenkron-Unterlippe verkehrtherzförmig, flach; Antherenfächer geradlinig beisammenliegend.

N. Cataria L. Stamm ästig; Blätter gestielt, herz-eiförmig, spitz, gesägt, etwas runzlig, unterseits graufilzig. Trauben reichblüthig. An Wegen. Das Kraut war früher als Herba Nepetae s. Catariae officinell.

Glechoma L., Gundelrebe. Kelch und Blumenkrone wie vorige. Antherenfächer gespreizt, kreuzweise gestellt.

G. hederaceum L., Gundermann, Erdepheu. Stamm niederliegend, kriechend; Blätter gestielt, herz-nierenförmig, gekerbt, unregelmässig behaart; Scheinquirle zwei- bis fünfblüthig, halbeinseitswendig. Ueberall in Hecken, an schattigen Orten gemein. Medicinisch: Herba Hederae terrestris.

5. Stachydeae. Staubgefässe didynamisch, die beiden oberen kürzer, unter der meist stark gewölbten Oberlippe der Blumenkrone aufsteigend. Kelch fünf- bis zehnnervig.

Stachys L., Ziest. Kelch eiförmig-glockig, fünfzähnig; Blumenkronröhre innen mit einem Haarring versehen; Oberlippe schwach gewölbt; Lappen der Unterlippe flach, stumpf.

St. recta L., Berufskraut. Stamm aufsteigend, wie die Blätter rauhhaarig; Blätter gestielt, länglich-eirund oder lanzettlich, kerbiggesägt; Scheinquirle sechs- bis zwölfblüthig. In Anwendung kam früher das Herba Sideritidis.
St. germanica L., mit dicht zottigem Stamm und weisswollig-filzigen Blättern, wurde früher als Herba Stachydis s. Marrubii agrestris angewendet.

Betonica L., Betonie. Kelch röhrig-glockig, dreizähnig; Blumenkrone ohne Haarring, Oberlippe schwach gewölbt; Mittellappen der Unterlippe länglich-stumpf.

B. officinalis L. Stamm einfach, nebst den Blättern rauhhaarig; Blätter eiförmig-länglich mit herzförmigem Grunde, gekerbt, die unteren

lang gestielt; Scheinquirle endständig, ährenartig-gedrängt. An lichten Waldstellen. Bisweilen kommt noch zur Anwendung: Herba Betonicae.

Marrubium L., Andorn. Kelch becherartig, zehnzähnig; Blumenkrone mit Haarring, Oberlippe gerade, flach; Mittellappen der Unterlippe verkehrt-herzförmig.

M. vulgare L., weisser Andorn. Stamm ästig, weissfilzig; Blätter eirund, gekerbt, runzlig, weissgrau behaart; Scheinquirle entfernt, kuglig, reichblüthig; Kelche rauhhaarig, mit an der Spitze hakig-gekrümmten Zähnen. An Wegen, auf Schutt. Officinell: Die vor dem Aufblühen gesammelten Blätter und Zweige als Herba Marrubii albi.

Galeopsis L., Hohlzahn. Kelch glockenförmig, fünfzähnig; Blumenkronröhre mit Haarring; Oberlippe der Blumenkrone helmartig; Seitenlappen der Unterlippe mit einem spitzen, hohlen Zahn; Antheren der Quere nach mit Klappen aufspringend.

G. ochroleuca Lam. (G. grandiflora Roth., G. villosa Gmel.). Stamm mehr oder minder ästig, wie die Blätter dicht weichhaarig; Blätter eirund oder eilanzettlich, gesägt; Scheinquirle achselständig, zwei- bis sechsblüthig; Kelchzähne kurz stachelspitzig, kürzer als die Blumenkrone, letztere ansehnlich, gelblich-weiss. Auf sandigen Feldern. Medicinisch: Die ganzen blühenden Stengel als Herba Galeopsidis ochroleucae. Auch als Geheimmittel unter dem Namen: „Lieber'sche Auszehrungskräuter, Lieber'scher- oder Blankenheimer Thee".

Als Verwechslungen dienen:

G. Tetrahit L. und G. versicolor Curt. Erstere hat verdickte Stengelknoten und mit der Blumenkrone gleich langen Kelch; letztere einen nur halb so langen Kelch.

Leonurus L., Wolfstrapp. Kelch glockenförmig mit fünf steifen, pfriemlichen Zähnen; Blumenkronröhre mit Haarring, Oberlippe gewölbt, ganzrandig, vollhaarig, Unterlippe dreispaltig, die seitlichen, schmäleren Lappen zurückgeschlagen.

L. lanatus Spr. Wolliger Wolfstrapp. (Ballota lanata L. Panzeria lanata Bunge.) Die ganze Pflanze dicht weiss-wollig. Im südlichen Sibirien, Kleinasien einheimisch und von da im Handel als Herba Ballotae lanatae.

Lamium L., Taubnessel. Kelch glockig, fünfzähnig; Blumenkronröhre mit Haarkranz, Oberlippe der Blumenkrone helmartig; Seitenlappen der dreispaltigen Unterlippe sehr klein, zahnartig.

L. album L., Weisse Taubnessel. Stamm und Blätter kurzhaarig; Blätter herz-eiförmig, grobgesägt; Scheinquirle entfernt, reichblüthig. Ueberall verbreitet. Die ausgezupften Blumenkronen als Flores Lamii albi s. Urticae mortuae.

Ballota L., Schwarznessel. Kelch glockig, fünfeckig, mit

ausgebreiteten Zähnen, Blumenkronröhre mit Haarkranz; Oberlippe schwach gewölbt, ausgerandet; Unterlippe dreilappig, mittlerer Lappen verkehrt-herzförmig.

B. nigra L. Stamm ästig, wie die Blätter behaart, letztere herzeiförmig, gesägt; Scheinquirle reichblüthig. Das Kraut war früher als Herba Marrubii nigri s. Ballotae nigrae officinell.

6. Ajugoideae. Oberlippe der Blumenkrone sehr verkürzt, gleichsam fehlend, Staubgefässe didynamisch.

Ajuga L., Günsel. Kelch eiförmig-glockig; Oberlippe der Blumenkrone ausgerandet; Unterlippe dreilappig, viel grösser.

A. Chamaepitys Schreb., Zwerg-Günsel, niederliegend, ästig, zottig; Blätter dreispaltig; Blüthen einzeln, achselständig. (Teucrium Cham. L.) Riecht rosmarinartig. Auf kalkhaltigen Aeckern, Triften. Obsolet: Herba Chamaepityos; auch von A. pyramidalis war das Kraut in Anwendung als Herba Bugulae s. Consolidae mediae.

Teucrium L., Gamander. Kelch röhrig-glockig; Oberlippe der Blumenkrone tief zweitheilig, mit der dreitheiligen Unterlippe derartig verbunden, dass letztere fünflappig erscheint.

T. Scordium L., Knoblauchgamander. Stamm aufsteigend, mit Ausläufern, zottig; Blätter länglich, oben lanzettlich weichhaarig, kerbig-gesägt. Scheinquirle zwei- bis vierblüthig. An sumpfigen Stellen. Officinell ist das vor dem Aufblühen gesammelte Kraut als Herba Scordii.
T. Marum L., Katzengamander. Ein fusshoher Strauch mit kleinen, unterseits weissfilzigen, am Rande umgerollten Blättern. Südeuropa und Nordafrika; bei uns Topfpflanze. Die blühenden Zweige als Herba Mari vari, mit durchdringend kampferähnlichem Geruch.
T. Chamaedrys L., Aechter Gamander. Halbstrauch mit beinahe kahlen Blättern; Scheinquirle aus je sechs Blüthen bestehend und eine einseitswendige Traube bildend. An sonnigen Abhängen. Die blühenden Aeste waren früher als Herba Chamaedryos officinell.

Die sich hier anschliessende Familie der Verbenaceae Juss. weicht namentlich durch den endständigen Griffel und die mannigfaltigere Fruchtbildung von der vorigen ab. Adstringirende Stoffe überwiegen die ätherischen Oele. Nur wenige Arten birgt Europa. In medicinischem Gebrauche waren früher:

Vitex agnus castus L., Keuschlammstrauch, in Südeuropa, speciell dessen Früchte als Semini agni casti, und
Verbena officinalis L., Eisenkraut. Herba Verbenae. — Tectonia grandis L., Teakholz. Einer der grössten Bäume Ostindiens; durch sein kieselhaltiges, hartes Holz für den Schiffsbau von hohem Werthe.

Ferner gehört hierher die kleine Familie der Globularieae DC., welche namentlich durch den einfächerigen Fruchtknoten mit einer hängenden, anatropen Samenknospe, die vom Griffel bekrönte Nuss und die mit fleischigem Eiweiss versehenen Samen sich von den Verbenen unterscheidet. In der Mittelmeerregion besonders vertreten, zeichnen sich einige durch ihre abführenden Eigenschaften aus; so die in neuerer Zeit wieder öfter genannte:

Globularia Alypum L., deren Blätter unter dem Namen „Senne sauvage" statt der Folia Sennae, der ächten Sennesblätter, Anwendung finden. (Alypin, Bitterstoff.)

Aus der Familie der Bignoniaceae R. Br. haben wir in Europa keine Drogue, die medicinische Verwendung fände. In ihrem Vaterland haben einige in dieser Richtung Bedeutung; andere sollen giftig sein und der Hauptwerth liegt im Nutzholz. Sie bilden einen Theil der tropischen Lianen Südamerikas mit grossen, schönen Blüthen, besitzen einen zweifächerigen, mit meist achsenständigen Samenträgern versehenen Fruchtknoten und eiweisslose, geflügelte Samen.

Bignonia Plum., Trompetenbaum. B. Chica H. et B. Südamerika. Aus den Blättern wird eine rothe Farbe, die sogenannte Chica, gewonnen, die in Amerika vielfache Verwendung findet.
B. suberosa Roxb., die Rinde dient auf Java als Arzneimittel.
B Cherere Aubl., Guyana, die Zweige werden wie bei uns die Weiden verwendet.
Jacarandå obtusifolia H. et B. und J. brasiliana Pers. in Südamerika liefern das schöne und feste Jacaranda- oder Pallisander-Holz des Handels.
D. bahamensis Mart., Palo de Buba, als Anthelminticum.

Durch Fruchtbildung und flügellose Samen unterscheiden sich von der vorhergehenden Familie die Pedalineae R. Br., eine fast ausschliesslich tropische Familie, deren Eigenschaften wenig gekannt sind, bis auf den Reichthum an Oel bei den Samen der in Ostindien einheimischen Gattung Sesamum L.

S. orientale L. Im ganzen Orient cultivirt; das aus den kleinen Samen gewonnene Oel dient im Orient als Speise- und Brennöl und wird auch zu medicinischen Zwecken verwendet. Die Samen kommen auch auf den europäischen Markt. (Oleum Sesami (Teel, Gingeli-Oil) ähnlich dem Olivenöl.)

Scrophularinae R. Br.

§. 192. Einjährige oder ausdauernde Kräuter, seltener Halbsträucher oder Bäume mit abwechselnden oder gegenständigen, in der Form sehr verschiedenen, nebenblattlosen Blättern. Blüthen-

stände traubig oder trugdolden-rispig, selten einblüthig. Blüthen unregelmässig, hermaphroditisch. Kelch frei, vier- bis fünfspaltig oder getrennt, bleibend; Blumenkrone in der Knospenlage dachig, fünf-, selten vierzählig, bald radförmig oder röhrig-glockig mit rachenförmigem oder zweilippigem Saum, bald maskirt oder am Grunde gespornt. Staubgefässe zwei oder vier didynamische, seltener fünf ungleiche, von denen das eine unfruchtbar. Antheren entweder zweifächerig mit Längsspalten oder einfächerig und der Quere nach aufspringend. Fruchtknoten zweiblätterig, frei, oft auf einer Scheibe sitzend, zweifächerig, mit centraler Placenta, die zahlreiche anatrope Samenknospen trägt, einem Griffel und zweilappiger oder einfacher Narbe. Kapsel zweifächerig, vielsamig, auf verschiedene Weise sich öffnend. Samen eiweisshaltig mit geradem oder etwas gekrümmtem Keim.

Verbreitung: Die gemässigte warme Zone ist der Hauptverbreitungsbezirk; in Europa durch geselliges Vorkommen ausgezeichnet; in heissen Gegenden mehr auf die Gebirge beschränkt.

Eigenschaften: Bald unschädlich durch ihren Schleimgehalt und adstringirende Stoffe, bald verdächtig und giftig durch Bitterstoffe oder narkotisch scharfe Bestandtheile.

Die systematische Eintheilung ergiebt drei Gruppen:

1. Verbasceae. Blumenkrone rad- oder glockenförmig, ungleich oder zweilippig. Staubgefässe didynamisch oder fünf, deren oberstes dann häufig in ein Staminodium umgewandelt ist; Antheren einfächerig, nierenförmig, der Quere nach aufspringend.

Verbascum L., Königskerze, Wollblume Blumenkrone radförmig-ungleich; Staubgefässe fünf, ungleich.

V. Thapsus Schrad. (V. Schraderi Meyer.), Gemeines Wollkraut. Kleinblumig, durch verzweigte Haare ganz weissfilzig. Blätter des Stengels von Blatt zu Blatt herablaufend. Drei Staubfäden weisswollig, die beiden andern fast kahl, viermal länger als ihre Staubbeutel. Fast geruchlos.

V. Thapsiforme Schrad., Wollkrautähnliche Königskerze. Nur durch die grössere Blumenkrone und die Staubfäden, welche nur anderthalb bis zweimal so lang sind als die Staubbeutel, von voriger verschieden. Wohlriechend.

V. phlomoides L., Windblumenähnliche Königskerze. Gelblichfilzig, Blätter nur halb herablaufend; Blumenkrone kleiner als bei den vorigen.

Alle drei Arten gehören Deutschland an und gedeihen besonders auf Sand- und Kiesboden. Von ihnen stammen die Flores Verbasci, Schleim und ätherisches Oel enthaltend.

V. Lychnitis L. und V. nigrum L. haben gestielte, mehr oder minder mit Sternhaaren besetzte Blätter; sie werden als Verwechslung der Digitalis-Blätter angeführt.

Scrophularia L., Braunwurz. Blumenkrone kugelig, zweilippig; Staubgefässe didynamisch, mit einem rudimentären fünften.

S. nodosa L., Skrophelkraut. Stamm vierkantig, flügellos, Wurzelstock knollig. An feuchten Stellen. Früher officinell: Radix et herba Scrophulariae nodosae s. vulgaris.

S. aquatica L. Stamm vierkantig-geflügelt; Wurzelstock faserig. Früher officinell: Herba Scrophulariae s. Betonicae aquaticae.

2. Antirrhineae. Blumenkrone zweilippig, rachenförmig oder maskirt. Staubgefässe vier, didynamisch, oder zwei; Antheren zweifächerig, an der Basis abgestumpft, ohne Anhängsel.

Digitalis L., Fingerhut. Kelch fünftheilig; Blumenkrone glockig mit schiefabgestutztem Saum; Staubgefässe didynamisch; Kapsel zweiklappig.

D. purpurea L., Rother Fingerhut. Stengel einfach, nebst den Blattstielen und der Unterseite der Blätter graufilzig; Blätter ei-lanzettlich, gekerbt, unterseits stark netzaderig; Blüthenstand verlängert traubig; Kelchzipfel eirund, zugespitzt; Blumenkrone aussen kahl, purpurroth, innen behaart, gefleckt; Zipfel der Unterlippe kurz abgerundet. — Gebirgswälder. Medicinische Anwendung finden Herba s. folia Digitalis purpureae. Hauptbestandtheil: Digitalin.

Mit den Blättern der Digitalis purpurea haben mehr oder weniger Aehnlichkeit die Blätter der folgenden Arten, ferner die von Verbascum (siehe oben) sowie die von Inula Conyza (siehe Fam. der Compos.). —

D. grandiflora Lam. (D. ochroleuca Jacq., D. ambigua Murr.) Unterwärts zottig-, oberwärts drüsig-behaart, Blätter lanzettlich, am Rande scharfzähnig, wimperhaarig. Blumenkrone schmutziggelb.

D. lutea L. (D. parviflora Lam.) In allen Theilen kleiner, Blätter noch schmäler als bei der vorigen, ganze Pflanze kahl. Gelbblühend.

Auch diese beiden in Gebirgsgegenden vorkommenden Arten gehören zu den wichtigsten einheimischen Giftpflanzen.

Linaria Tourn., Leinkraut. Kelch fünftheilig; Blumenkrone rachenförmig, an der Basis gespornt; Staubgefässe didynamisch; Kapsel durch Löcher aufspringend.

L. vulgaris Mill., Gelbes Löwenmaul. Ganze Pflanze kahl; Blätter linealisch, dichtgedrängt; Blüthen gelb, in endständigen Trauben. An trocknen Plätzen überall. Officinell: Die blühende Pflanze als Herba Linariae.

Gratiola L., Gnadenkraut. Kelch fünftheilig; Blumenkrone röhrig-lippig; Staubgefässe vier, von denen nur zwei fertil; Narbe zweilappig; Kapsel zweiklappig.

G. officinalis L., Gottesgnadenkraut. Wurzelstock kriechend. Ganze Pflanze kahl; Stämmchen aufrecht, oben vierkantig; Blätter gegenständig, sitzend, lanzettlich, entfernt gesägt, Blüthen achsel-

ständig, einzeln gestielt. Sumpfwiesen. Die ganze Pflanze officinell als Herba Gratiolae, giftig.

Veronica L., Ehrenpreis. Kelch vier- oder fünftheilig; Blumenkrone vierspaltig, radförmig-ungleich; Staubgefässe zwei, Kapsel ausgerandet, zweiklappig.

V. officinalis L., Aechter Ehrenpreis. Stamm kriechend, aufsteigend, wie die Blätter rauhhaarig; Blätter gegenständig, kurz gestielt, verkehrt-eiförmig, sägezähnig; Blüthen in blattwinkelständigen Trauben, Kelch viertheilig, Fruchtstielchen aufrecht, kürzer als die verkehrt-herzförmigen Früchtchen. In lichten Wäldern. Herba Veronicae. Die nahe verwandte V. montana L. ist allseitig weichhaarig, die Blätter sind langgestielt und die abstehenden Blüthenstiele viel länger als die herzförmige Kapsel.
V. Chamaedrys L. hat einen zweireihig behaarten Stengel, dessen Kraut als Herba Chamaedryos spuriae feminae Anwendung fand.
V. Beccabunga L., Bachbungen. Blüthenstand und Kelch wie bei V. officinalis — Blätter gestielt, stumpf-abgerundet und gekerbt (bei V. Anagallis L. sitzend, spitz und scharfgezähnt), kahl. — In Bächen und Gräben verbreitet. Zu Kräutersäften kam das Kraut frisch in Anwendung: Herba Beccabungae.
V. Teucrium L. lieferte das Herba Chamaedryos spuriae maris. —

3. Rhinanthaceae. Blumenkrone zweilippig oder maskirt; Staubgefässe didynamisch; Antheren an der Basis zugespitzt oder weichstachelig.

Euphrasia L., Augentrost. Kelch glockig oder röhrig, vierspaltig oder zähnig; Oberlippe der Blumenkrone helmartig; Kapsel stumpf, zweifächerig mit flügellosen, längsstreifigen Samen.

E. officinalis L., Heilkräftiger Augentrost. Stamm und Blätter schwach behaart, letztere fast sitzend, eiförmig oder rundlich, scharf gesägt; Blüthen opposit, blattwinkelständig. Auf grasigen Abhängen und Wiesen. Das blühende Kraut, Herba Euphrasiae, noch als Volksmittel gegen Augenschwäche bekannt.
E. Odontites L., Zahntrost, als Herba Euphrasiae rubrae ebenso früher gegen Zahnschmerzen gebraucht.

Pedicularis L., Läusekraut. Kelch aufgeblasen, fünfzähnig; Oberlippe der Blumenkrone helmartig; Kapsel zusammengedrückt, geschnäbelt, Samen runzelig flügellos.

P. palustris L. und silvativa L. Auf sumpfigen Wiesen und an Waldrändern. Von beiden stammt das obsolete Herba Pedicularis.

4. Unterklasse. Monochlamideae DC. (Apetalae Juss.)

Dicotyle Pflanzen mit einfachem, kelchartigem oder gefärbtem Perigon (Perianthium), oft nur rudimentär oder ganz fehlend.

Aristolochieae Juss.

§. 193. Regelmässig oder unregelmässig blühende hermaphroditische Kräuter mit kriechendem oder knollenartigem Wurzelstock, oder rankende Sträucher mit meist abwechselnden, nebenblattlosen, einfachen Blättern. Perigon einfach, verwachsenblättrig, oberständig, gefärbt, drei- bis sechslappig oder zungenförmig, in der Knospe klappig. Staubgefässe epigynisch, sechs bis zwölf, frei oder gynandrisch, mit zweifächerigen, der Länge nach aufspringenden Antheren. Fruchtknoten aus drei bis sechs Carpellen, von dem epigynischen Perigon bekrönt, unvollständig drei- bis sechsfächerig, weil die wandständigen Placenten in der Mitte nicht vollständig zusammentreffen, mit mehrstrahliger Narbe; Eichen ein- oder zweireihig, zahlreich, anatrop. Frucht meist kapselförmig, scheidewandspaltig, aufspringend. Samen mit reichlichem Eiweiss und kleinem Keim.

Verbreitung: Die meisten Arten finden sich in Südamerika, weniger in Nordamerika und Asien und nur einige in Europa.

Eigenschaften: Sie enthalten in den Rhizomen und Wurzeln, theils auch in den übrigen Pflanzentheilen, kampferartige, bittere und selbst scharfe Stoffe.

Aristolochia L., Osterluzei. Perigon unregelmässig, röhrig-zungenförmig, am Grunde bauchig, auf dem unvollkommen sechsfächerigen Fruchtknoten; Antheren sechs, ohne Staubfäden, mit dem Griffel verwachsen; Kapsel sechsklappig.

A. Serpentaria Jacq., Virginische Schlangenwurzel. Stengel dünn, aufrecht, Blätter eiförmig, am Grunde herzförmig, zart netzaderig; Blüthenstiele ein- bis dreiblüthig, Perigon eigenthümlich gekrümmt mit dreilappiger Lippe. In Nordamerika (Virginien, Karolina). Officinell ist der Wurzelstock (mit den Wurzeln und meistens auch den Blattresten), Radix Serpentariae, der jedoch auch von andern Arten als: S. tomentosa, reticulata etc. gesammelt werden soll. Mehrere südamerikanische Arten sind in ihrem Vaterlande geschätzte Heilmittel und kommen wie obige ebenfalls gegen Schlangenbiss in Anwendung.

A. longa L. und A. rotunda L. Beide in Südeuropa. Die Wurzelknollen als Radix Aristolochiae longae et rotundae waren früher officinell.

A. Clematitis L., die einzige in Deutschland einheimische Art, lieferte früher die Radix Aristolochiae tenuis, einen gelben Bitterstoff, das Clematitin, enthaltend.

Asarum L., Haselwurz. Blüthenhülle regelmässig, glockig, dreiklappig; Staubgefässe zwölf, frei, einer epigynen Scheibe eingefügt, mit pfriemlich verlängertem Connectiv; Griffel einfach mit sechslappiger Narbe; Kapsel sechsfächerig, unregelmässig zerreissend.

A. europaeum L., Gemeine Haselwurz. Wurzelstock wagrecht kriechend; Stengel niederliegend; Blätter langgestielt, nierenförmig, glänzend; Perigon kurzgestielt, achselständig, einzeln, aussen etwas zottig, rothbraun. In schattigen Laubwäldern. Officinell ist der kampferartig riechende Wurzelstock sammt den Blättern als Radix Asari s. Herba Asari cum radice. Bestandtheile: Asarin mit ätherischem Oel und Harz.

Polygoneae Juss.

§. 194. Kräuter mit meist kräftig entwickelten Rhizomen oder Wurzeln; seltener Sträucher oder Bäume. Stengel bald niederliegend und unbedeutend, bald aufrecht, gefurcht und mit knotig angeschwollenen Stengelgliedern versehen. Blätter abwechselnd, vorherrschend einfach, seltener gelappt, mit röhrenartigen, den Stengel umschliessenden Blattscheiden, die mit den trockenhäutigen Nebenblättern zu einer, bald vergänglichen, bald ausdauernden, verschieden grossen Tute (ochrea) verwachsen. Blüthendecken meist sechsgliederig. Blüthen zwitterig, klein, seltener durch Fehlschlagen diclinisch, bald achsel-, bald endständig mit meist gefärbtem Perigon; letzteres ist meist getrenntblätterig, seltener röhrenartig verwachsen, in der Knospenlage dachig; Staubgefässe im Grunde des Perigons, getrennt, in sehr schwankenden Zahlenverhältnissen, vier bis zehn, mit zweifächerigen, der Länge nach aufspringenden Antheren; Fruchtknoten frei, oberständig, einfächerig, obgleich aus zwei bis drei Fruchtblättern zusammengesetzt, deren Anzahl mit Bestimmtheit an der Zahl der bald unscheinbaren, bald verbreiterten Narben zu erkennen ist, mit einer im Grunde sitzenden geraden Samenknospe; Frucht eine bald kantige oder linsenförmige, bald geflügelte oder von bleibendem und auswachsendem Perigon umhüllte Caryopse; Samen mit mehligem, die Frucht ganz ausfüllendem Eiweiss; Embryo peripherisch oder central, gerade oder bogenförmig.

Vorkommen: Hauptsächlich in der gemässigten Zone, von der Meeresküste bis in die Alpenregion; seltener in tropischen Gegenden.

Eigenschaften: Besonders hervorzuheben ist der Reichthum an Oxal- und Apfelsäure, ferner adstringirende Bestandtheile und Farbstoffe in den Wurzeln. Das reichliche Mehl im Eiweiss der Samen macht einige zu Nahrungsmitteln geeignet.

Rumex L., **Ampfer**. Perigon sechsblätterig, die drei inneren Blättchen grösser, die Frucht als sogenannten Klappen bedeckend; mitunter mit einer Schwiele versehen; Staubgefässe sechs; Griffel drei mit pinselförmigen Narben; Cariopse dreikantig, durch die Perigonklappen geflügelt; Embryo peripherisch, bogenförmig.

a) Blätter am Grunde abgerundet, weder spiess- noch pfeilförmig; Blüthen zwitterig (oder vielehig) — **Lapathum** Tournef.

R. **obtusifolius** L. Die unteren Blätter herz-eiförmig, stumpf, die obersten lanzettförmig. Die inneren Zipfel der Blüthenhülle zur Zeit der Fruchtreife eiförmig-dreieckig, hinten gezähnt, in eine längliche, stumpfe Spitze vorgezogen, sämmtlich schwielentragend. Auf feuchten Wiesen, an Ufern.
R. **nemorosus** Schrad. (R. **sanguineus** L.) Blätter herzförmig-länglich. Die inneren Zipfel der Blüthenhülle linealisch-länglich, ausgezähnt, nur einer schwielentragend.
R. **crispus** L. Blätter lanzettlich mit krausem Rand. Die inneren Zipfel der Blüthenhülle abgerundet-herzförmig, ungezähnt, mit oder ohne Schwielen.
R. **conglomeratus** Murr. Blätter herzförmig oder eilänglich. Die inneren Zipfel der Blüthenhülle lineal-länglich, stumpf, ganzrandig, alle schwielentragend.
R. **pratensis** M. et H. Blätter länglich oder länglich-lanzettlich. Die inneren Zipfel der Blüthenhülle herzförmig-länglich, eingeschnitten gezähnt, an der Spitze stumpf, ganzrandig, alle oder nur eine schwielentragend.
Die Wurzeln dieser fünf allgemein verbreiteten Arten waren früher officinell als **Radix Lapathi acuti** s. **Oxylapathi**, **Grundwurzel**; jetzt fast nur im Volksgebrauch als adstringirendes Heilmittel.
R. **Patientia** L., **Garten-Ampfer**, **englischer Spinat**, dient als Gemüse. Grösser als die vorigen Arten. Blattstiele rinnenförmig; die inneren Zipfel der Blüthenhülle rundlich-herzförmig, meist ganzrandig, nur ein Zipfel schwielentragend.
Die Wurzel, auch unter dem Namen **Mönchsrhabarber**, **Radix Rhabarbari Monachorum** bekannt, wird häufig mit der Wurzel von R. **alpinus** L. verwechselt, die heute noch bei den Alpenbewohnern als Surrogat der ächten Rhabarber in Anwendung kommt.

b) Blätter spiess- oder pfeilförmig, lebhaft sauer schmeckend; Blüthen getrennt-geschlechtig oder vielehig — **Acetosa** Tournef.

R. **Acetosa** L., **Gemeiner Sauerampfer**, auf allen Wiesen; von ihm wurden früher Wurzel, Blätter und Früchte als **Radix**, **Herba et Semen Acetosae officinalis** gebraucht. Technisch wird er gemeinschaftlich mit R. **Acetosella** L. zur Sauerkleesalz-Bereitung (**Oxalium**) verwandt.
R. **scutatus** L., **Römischer oder französischer Sauerampfer**. Das Kraut früher officinell als **Herba Acetosae rotundifoliae** s. **romanae**.

Rheum L., **Rhabarber**. Perigon gefärbt, sechsblätterig, ver-

welkend, die inneren drei Blätter grösser, nicht auswachsend. Staubgefässe neun, Griffel drei mit nierenförmigkopfigen Narben; Cariopse dreikantig, geflügelt; Embryo gerade, central. Die hier aufzuführenden Arten wurden früher der Reihe nach für die Stammpflanze der Rhabarberwurzel angesehen, obgleich die von denselben gewonnenen Wurzeln mit den asiatischen nicht vollständig übereinstimmen.

Rh. palmatum L. Blätter handförmig fünf- bis siebenspaltig.
Rh. undulatum L. Blätter ungetheilt mit stark welligem Rande, Lappen am Grunde der Stengelblätter dem Blattstiele anliegend.
Rh. compactum L. Blätter ungetheilt, mit welligem Rande, Lappen am Grunde der Stengelblätter vom Blattstiele etwas entfernt. Blattstiel der unteren Blätter stumpfrandig. Blüthen dichter und grösser als bei den vorhergehenden. — Vaterland dieser drei Arten ist das östliche Asien und das nördliche Mittelasien.
Auch Rh. Emodi Wall., durch blutrothe Färbung ausgezeichnet, und Rh. Webbianum Royle am Himalaya wurden für die Stammpflanzen von Radix Rhei gehalten.
Rh. Rhaponticum L. Blätter alle mit am Grunde nackten Nerven und daher in der Bucht keilig hervorgezogen. Wurzelblattstiele stumpfrandig — Südwestliches Sibirien, bei uns cultivirt, Radix Rhei rhapontici war früher officinell, doch dürfte ein Theil der französischen und englischen Rhabarber von der Rhapontikwurzel abzuleiten sein. Als wirksamer Bestandtheil dürfte die Chrysophansäure anzusehen sein, dazu kommen drei harzartige Körper (Erythroretin, Phaeoretin und Aporetin); die bei uns cultivirten Rhabarberwurzeln haben dieselben Stoffe nebst Kalkoxalatdrusen und in überwiegenden Mengen Stärkemehl.

Polygonum L., Knöterich. Perigon drei- bis fünfspaltig, fast gleichförmig, gefärbt, bleibend; Staubgefässe fünf bis acht; Narben kopfförmig; Nüsschen dreikantig oder linsenförmig; Embryo seitlich, gekrümmt.

P. Bistorta L., Wiesenknöterich, Natterwurz. Stengel einfach, mit einer endständigen Aehre; Blätter langgestielt, länglich-herzförmig, wellig, unterseits graugrün mit geflügeltem Blattstiel. Auf feuchten Wiesen.
Der gerbstoffhaltige, ein- bis zweimal wurmförmig gebogene Wurzelstock als Radix Bistortae kommt noch hier und da in Anwendung.
P. Hydropiper L., Wasserpfeffer. — In feuchten Gräben, an Bächen. Das brennend scharf schmeckende Kraut war früher officinell als Herba Hydropiperis s. Persicariae urentis.
P. Fagopyrum L., gemeiner Buchweizen, Haidekorn.
P. emarginatum Roht., ausgerandeter oder geflügelter Buchweizen.
P. tartaricum L., Tartarischer oder sibirischer Buchweizen. Die Früchte dieser drei Arten werden zur Mehlbereitung verwendet.
P. tinctorium Cour., färbender Knöterich. In China und Japan längst als Farbepflanze bekannt, in Frankreich und sonst cultivirt. (Indigoartiger Farbstoff.)

Coccoloba Jacq., Seetraube. Ausgezeichnet durch das saftreich werdende fünftheilige Perigon, das die Grösse einer kleinen Kirsche erreicht und die dreikantige Cariopse einschliesst. Essbar, nebst anderen südamerikanischen Arten.

C. uvifera Jacq. Südamerika, Westindien. Durch Auskochen des Holzes dieses Baumes erhält man das sehr adstringirende Jamaica- oder südamerikanische Kino, Kino occidentales s. jamaicense.

Chenopodeae Vent.

§. 195. Einjährige oder ausdauernde Kräuter, seltener Sträucher, mit meist abwechselnden, einfachen, gelappten oder geschlitzten, nebenblattlosen Blättern, unscheinbaren hermaphroditischen oder diclinischen, seltener eingeschlechtigen Blüthen, die bald in den Blattwinkeln einzeln, häufiger endständig in Rispen oder traubartigen Trugdolden zusammengestellt sind. Perigon unscheinbar, zwei- bis fünftheilig, selten fehlend, von grünlicher Färbung, unterständig, bleibend, und bisweilen sich bei der Fruchtreife betheiligend. Staubgefässe dem Grunde des Perigons eingefügt, oft von unbestimmter Zahl (1—5), in ein und demselben Blüthenstand; Antheren zweifächerig, der Länge nach aufspringend. Fruchtknoten frei, einfächerig, eineiig mit einem Griffel und zwei bis vier Narben; Samenknospe gekrümmt. Frucht eine einsamige Cariopse, häufig von dem bleibenden Perigon umschlossen, Samen mehr oder minder reich an Stärkemehl, mit ring- oder halbmondförmigem, seltener spiraligem Keim.

Vorkommen; Die Chenopodeen sind eine allgemein verbreitete Pflanzenfamilie, deren geringste Anzahl von Arten in den Tropen zu Hause ist. Bei uns durch ihr geselliges Vorkommen auf Schutt, in Dörfern und Steppen, an der Meeresküste und den binnenländischen Salinen ausgezeichnet.

Eigenschaften: Bekannt ist der Reichthum an Kali- und Natron-Salzen sowie an oxalsaurem Kalke; des Zuckergehaltes wegen cultiviren wir die sogenannte Runkelrübe. Andere dienen uns als Gemüse, und der Stärkegehalt der Samen wird an manchen Orten zur Mehlbereitung benutzt; ätherisches Oel kommt bei einer Arzneipflanze vor.

1. Spirolobeae. Keim spiralig. Eiweiss fehlend oder sehr schwach ausgebildet. Blüthen zwitterig.

Salsola L., Salzkraut. Blüthenhülle fünfblätterig, jedes Blättchen derselben auf der Aussenseite mit einem querlaufenden Anhängsel versehen; Staubgefässe fünf, Narben zwei, Cariopse zusammengedrückt, von der bleibenden Blüthenhülle umgeben. Stengel mit stielrundlichen Blättern.

S. Kali L., Gemeines Salzkraut. Früher officinell als Herba Kali s. Tragi. An Meeresküsten, auf Salz- und Sandboden des Binnenlandes.
S. Soda L., Langblättriges Salzkraut. Meeresküste. Früher officinell: Herba Salsolae s. Kali majoris.
S. sativa L., Zahmes Salzkraut. Meeresküste (Spanien).
Die Asche dieser drei Arten und mehrerer anderer Pflanzen aus dieser Abtheilung, wie Schoberia maritima und Halogeton sativus, liefern die Barilla-Soda, von welcher die spanische die beste Sorte ist.

2. Cyclolobeae. Keim meist ringförmig das Eiweiss umgebend, seltener (Salicornea) zusammengebogen, an der Seite des Eiweisses liegend.

Salicornea L., Glasschmalz, Glaskraut. Stengel gegliedert saftreich, nur Scheiden statt entwickelter Laubblätter. Die unscheinbaren Trugdolden sind dem saftreichen Stengel eingesenkt, Blüthenhülle ungetheilt, durch eine Ritze geöffnet.

S. herbarea und fructicosa L. Beide Meeresufer bewohnende Arten finden die gleiche Verwendung wie obige.

Chenopodium L., Gänsefuss. Blüthenhülle fünfspaltig oder theilig, bleibend, deren Zipfel gekielt, Blüthen hermaphroditisch oder polygamisch, Staubgefässe fünf, am Grunde des Perigons eingefügt, Narben zwei, Schlauchfrüchtchen nicht mit dem Perigon verwachsen, mit wagrechten Samen.

Ch. ambrosioides L., Wohlriechender Gänsefuss, mexikanisches Traubenkraut, Jesuiten-Thee. Stengel aufrecht; Blätter lanzettförmig, entfernt gezähnt, unterseits drüsig; Blüthenknäulchen in beblätterten Aehren. Aus Mexiko ursprünglich stammend, cultivirt und hier und da verwildert. Die ganze Pflanze aromatisch starkriechend. — Officinell: Die Blätter- und Blüthenschweife als Herba Chenopodii ambrosioides s. Botryos mexicanae des ätherischen Oeles wegen.

Ch. Botrys L., Traubenkraut. Blätter länglich-eiförmig, buchtig gezähnt, Blüthenschwänze nicht beblättert. Die ganze Pflanze klebrig, haarig, wohlriechend. Südeuropa. Das Kraut, Herba Botryos vulgaris, findet, des ätherischen Oeles und Salpetergehaltes wegen, an einigen Orten noch Anwendung.

Ch. Vulvaria L. (foetidum Lam.), Uebelriechender Gänsefuss. Stengel niederliegend, ästig, Blätter ei-rautenförmig, meist ganzrandig, staubartig weissgrau; Blüthenknäule in blattlosen, kurzen Rispen. Uebelriechend, entwickelt schwefelhaltiges Ammoniakgas. Früher officinell als Herba Vulvariae s. Atriplicis foetidae. An Wegen, auf Triften.

Ch. hybridum L., Stechapfelblättriger Bastard-Gänsefuss. Blätter herz- oder eiförmig, mit grossen dreieckigen Zähnen tiefbuchtig, hellgrün, oberseits glänzend. Die ganze Pflanze von widerlich betäubendem Geruch, giftig. Auf Schutthaufen, an Wegen. Ist blos wegen der Aehnlichkeit seiner Blätter mit denen des Stechapfels zu erwähnen.

Ch. anthelminticum L. In Nord- und Südamerika, als wurmwidriges Heilmittel bekannt.
Ch. Quinoa L. Die Quinoa-Pflanze in Chili und Peru einheimisch und dort angebaut wegen der zahlreichen und sehr stärkemehlhaltigen Samen, Ersatz für Getreide.

Beta L., Mangold. Perigon fünfspaltig, bleibend, fleischig und erhärtend; Staubgefässe fünf, einem drüsigen Ringe eingefügt; Narben zwei; Nuss mit wagrechtem Samen; Blüthen mit einander verwachsend.

B. vulgaris L. Stamm aufrecht, gefurcht; Blätter herzeiförmig, glänzend; Blüthenknäule in verlängerten beblätterten Aehren. Die Varietät rapacea Hoch., Runkelrübe, mit rübenförmiger, fleischiger, zuckerhaltiger Wurzel wird im Grossen gebaut zur Zuckerfabrikation. Die Spielart mit rother Wurzel wird als Salatpflanze gebaut, (Rotherübe).
Hierher gehört noch eine Anzahl von Gemüsepflanzen wie unser gemeiner Spinat, Spinacia oleracea L., sowie die Gartenmelde, Atriplex hortensis L. etc. etc.
Ebenso werden aus der nahe verwandten Familie der Amarantaceae Juss. zahlreiche Arten in Ostindien und Südamerika als Gemüse verwendet und einige als heilkräftig geschätzt, während wir von unseren einheimischen keinen Gebrauch machen.
Von der kleinen Familie der Phytolaceae R. Br. sei nur Phytolacca decandra L., Kermesbeere oder amerikanischer Nachtschatten, erwähnt. Ein hohes krautartiges Gewächs mit traubenförmigen Blüthenständen und schwarzrothen Beeren, deren Saft zum Färben des Weines und mancher Zuckerwaaren dient. In Nordamerika sollen Herba et baccae Phytolaccae arzneiliche Verwendung finden.

Laurineae Vent.

§. 196. Meist Bäume von ansehnlicher Höhe oder Sträucher, selten parasitisch lebende, blattlose, und deshalb im äusseren Habitus von den baumartigen sehr verschiedene Kräuter mit meist abwechselnden, glänzenden, lederartigen, immergrünen, ganzrandigen, selten gelappten, nebenblattlosen Blättern. Blüthen hermaphroditisch oder diclinisch in traubigen oder rispigen Trugdolden; Perigon in der Knospenlage dachig, frei, regelmässig, unterständig, vier- bis sechsgliedrig, und sich bei der Fruchtreife mehr oder minder betheiligend. Staubgefässe auf einer hier und da im Grunde des Perigons vorkommenden Scheibe oder am Perigon selbst befestigt, in der Zahl sehr schwankend oder theilweise in Staminodien umgewandelt; Antheren zwei oder vierfächerig, mit stehen bleibenden Klappen aufspringend und den freien oft mit zwei Drüsen versehenen Staubfäden völlig angewachsen. Fruchtknoten frei, aus drei Fruchtblättern zusammengesetzt, einfächerig, mit einem hängenden, anatropen Eichen, ein Griffel mit lap-

piger Narbe. **Frucht** steinfrucht- oder beerenartig, oft von bleibendem Perigongrunde umschlossen oder dem fleischig werdenden Blüthenstiel eingefügt. Samen eiweisslos mit geradem Keim und kräftig entwickelten Cotyledonen.

Vorkommen: Am zahlreichsten, ganze Waldungen bildend, finden sich die **Laurineen** auf einer grossen Anzahl Inseln des atlantischen Oceans. In Europa nur durch **Laurus nobilis** L. vertreten, hat Nordamerika und Afrika nur wenige, zahlreicher treten sie wieder im tropischen Asien und Australien auf.

Eigenschaften: Seit Jahrhunderten bildet ein Theil der hierher gehörenden Pflanzen einen bedeutenden überseeischen Handelsartikel, ihrer gewürzreichen, aromatischen Eigenschaften wegen, die sich oft in allen Theilen der betreffenden Pflanze vorfinden; ausserdem enthalten sie fettes Oel oder Stärkemehl in Samen, flüchtige kampferartige Stoffe in den Stämmen.

Laurus Tourn, **Lorbeer.** Blüthen zweihäusig, von schuppigen Hochblättern umgeben, Blüthenhülle viertheilig. Männliche Blüthe: Die Gipfelblüthe mit zwölf, die seitenständigen mit neun bis zehn Staubgefässen, die gewöhnlich zwei Drüsen besitzen; Staubbeutel zweifächerig, zweiklappig. Weibliche Blüthe: Griffel kurz, mit zwei- bis vierlappiger Narbe, Fruchtknoten in eine nackte, also nicht vom Perigongrunde umhüllte, beerenartige Steinfrucht sich umbildend.

L. nobilis L., **Edler Lorbeer.** Immergrüner Baum oder Strauch mit länglichen, an beiden Enden zugespitzten, lederartigen, etwas wellenrandigen, unterseits deutlich netzaderigen Blättern und blattwinkelständigen, büschelig gehäuften Blüthen. Südeuropa, Nordafrika. Officinell sind die Blätter, Früchte und das aus letzteren gewonnene ätherisch-fette Oel, **Folia et Baccae Lauri, Oleum Laurinum; Laurostearin.** Die Blätter dienen überdies als bekanntes Gewürz.

Sassafras Nees., **Sassafrasbaum.** Blüthen zweihäusig, ohne Hüllen; Perigon sechstheilig, häutig. Männliche Blüthe: Staubgefässe neun, alle vollkommen, die drei innersten mit je zwei Drüsen, Antheren vierfächerig, vierklappig. Weibliche Blüthe: ein Griffel mit scheibenförmiger Narbe; Beere von dem bleibenden, schüsselförmigen Grunde der Blüthenhülle umgeben.

S. officinalis Nees. (**Laurus Sassafras** L.) Blätter abfallend, oft an einem und demselben Zweige einfach, ganz, oder verschiedenartig gelappt; Blüthenstand traubig. Im südlichen und mittleren Theile von Nordamerika. Officinell: Das Wurzelholz mit Rinde, **Radix cum cortice** s. **Lignum Sassafras.** — Hauptbestandtheil: ätherisches Oel.

Nectandra Nees., **Pichurimbaum.** Blüthen hermaphroditisch, Perigon radförmig mit sechs abfallenden Lappen;

Staubgefässe zwölf, von denen die drei innersten in Staminodien umgewandelt sind; Antheren zweifächerig und vierklappig; Frucht wie oben.

N. Puchury major Nees. und minor Nees. Bäume Brasiliens, von denen noch hier und da die obsoleten, sehr grossen aromatischen und fetten Cotyledonen in den Handel kommen als Fabae Pichurim majores et minores.
N. Rodiaei Schomb. In Surinam; von diesem Baume stammt die adstringirend-bittere Rinde, Cortex Bebeeru.

Dicypellium Nees., Nelkenzimmtbaum. Blüthen dioecisch oder polygamisch mit zahlreichen Staminodien, von denen ein Theil nebst dem vertrockneten Perigon die auf einer sechseckigen Scheibe sitzende Beere umgeben.

D. caryophyllatum Nees. Von diesem, in den feuchten Urwäldern Brasiliens wachsenden, Baume kommt die nelkenartig riechende und schmeckende Rinde als Cassia caryophyllata, Nelkenkassie, in den Handel. Wohl nur noch als Gewürz gebraucht.

Cinnamomum Nees., Zimmtbaum. Blüthen zwitterig oder vielehig; Perigon sechsspaltig, lederartig. Staubgefässe zwölf bis funfzehn, die drei innersten in Staminodien verwandelt; Antheren vierfächerig, vierklappig, die Klappen paarweise übereinander. Beere von dem auswachsenden Perigongrunde umgeben.

C. zeylanicum Nees. (Laurus Cinnamomum L.), Ceylon-Zimmt, Kaneel. Ein höchstens 50′ hoher Baum; Blätter mehr oder minder länglich-eirund bis elliptisch, je nach der Varietät, und fünfnervig, unten netzaderig. Anwendung finden, als Gewürz, namentlich die jüngeren Aeste. Ursprünglich wohl auf Ceylon einheimisch, wird er jetzt auf eben dieser Insel in eigenen Plantagen, den sogenannten Zimmtgärten, sowie noch in Vorderindien, auf Sumatra und Java, in Guyana und Brasilien, cultivirt. Doch kommt die aus letzteren Quellen gewonnene Waare, vielleicht wegen der klimatischen und Bodenverhältnisse, nicht der auf Ceylon gewonnenen gleich. Der Ceylonzimmt, Cortex Cinnamomi, Cinnamomum acutum s. verum, enthält neben ätherischem Oel, Harz, Zimmtsäure, Gummi, Zucker, Gerbstoff.
Von dem in anderen Ländern cultivirten Zimmt kommen namentlich zwei Arten im Handel vor: Die auf Java erzielte, mit schwächerem Geschmack und Geruch, und die sogenannte Holzkassie, Cortex Cinnamomi Malabarici, Cassia lignea, ein durch Verpflanzung auf das indische Festland derartig veränderter Baum, dass ihn Linné als besondere Art, Laurus Cassia, unterschieden hat; und
C. Cassia Blume. (C. aromaticum Nees.), Gemeiner oder chinesischer Zimmt, Zimmtkassie. Zweige sammthaarig, Blätter nach beiden Seiten spitz zulaufend, lederartig, dreinervig, oberseits glänzend, unten matt. Ein in Cochinchina und im südlichen China einheimischer und daselbst cultivirter Baum; ebenso auf den Sundainseln und in Malabar. Anwendung findet Cortex Cassiae cinnamomeae, Cassia vera. Auch hier ist der wichtigste Bestandtheil das ätherische Oel, Oleum aethereum Cassiae, mehr verdeckt durch den Stärkemehlgehalt des Würfelgewebes.

C. Loureirei Nees. und C. dulce Nees. sollen die Flores Cassiae, die nach dem Verblühen gesammelte Perigone mit den kurzen Stielen, die sogenannten Zimmtblüthen des Handels, geben. — China und Japan.

Camphora Nees., Kampferbaum. Blüthen zwitterig; Perigon sechstheilig; Staubgefässe fünfzehn, von denen die sechs inneren unfruchtbar. Staubbeutel und Frucht wie oben.

C. officinarum Nees. (Laurus Camphora L.) Blätter länglich, elliptisch, dreinervig, in den Winkeln der Seitennerven eine Drüse tragend, oberseits glänzend, unterseits matt. Ein hoher, schöner Baum Cochinchinas, woselbst ganze Waldungen, wie auch theilweise über China und Japan, verbreitet sind. Der ganze Baum enthält reichlich ein ätherisches, zum Theil in fester, krystallinischer Form ausgeschiedenes Oel, das durch Zerkleinern der verschiedenen Pflanzentheile und nachheriges Auskochen unter Destillation gewonnen wird. — Japanischer und chinesischer oder Laurineenkampfer, Camphora japonica et chinensis.

Myristiceae R. Br.

§. 197. Bäume, seltener Sträucher, mit abwechselnden, ganzrandigen, lederartigen, meist drüsig punktirten, nebenblattlosen Blättern. Blüthen dioecisch, in Rispen oder einzeln, blattwinkel- oder endständig. Perigon dreispaltig, in der Knospenlage klappig. Staubgefässe zu einer fleischigen Säule verwachsen, sechs bis zwölf, mit freien oder verschmolzenen, zweifächerigen, in Längsspalten aufspringenden Staubbeuteln. Fruchtknoten aus einem Blatte gebildet, einfächerig, mit einem aufrechten, anatropen Eichen und fast sitzender Narbe. Frucht eine fleischig-saftige, zwei- bis vierklappig aufspringende, beerenartige Kapsel. Samen mit dünner, faltiger, innerer, und spröder, zerbrechlicher, harter äusserer Schale, welche letztere noch von einem zerschlitzten fleischigen, rothgefärbten Samenmantel, der wuchernden Nabelschnur, umgeben ist. Eiweiss durch die eindringende innere Samenhaut geadert, marmorirt, sehr entwickelt und reich an fettem und ätherischem Oel, einen kleinen Keim im Grunde bergend.

Verbreitung: In den tropischen Gegenden Indiens, der Südseeinseln, Australiens und Südamerikas, nur aus einer Gattung bestehend.

Eigenschaften: Vorwaltend lieblich aromatischer Geruch und gewürzhaft-feuriger Geschmack, von dem oben erwähnten ätherischen Oele herrührend.

Myristica L., Muskatnussbaum.
Die Charakteristik fällt mit der Beschreibung der Familie, als einziger Gattung, zusammen. Ein ansehnlicher, in allen Theilen aromatischer, dioecischer Baum, der sich auf den öst-

lichen Inseln des indischen Archipels noch in Wäldern findet. Cultivirt besonders auf Sumatra, den Banda-Inseln, Antillen etc.

M. fragrans Houttuyn (aromatica Lam. moschata Thunb.) Die der harten Testa beraubten Samen sind die Muskatnüsse des Handels, und der auf denselben befindliche arillus bildet die sogenannte Muskatblüthe oder Macis des Handels; Oleum Macidis. Aus den Samen, Nuces moschatae, presst man ein ätherisch-fettes, talgartiges Oel, Balsamum s. Oleum Nucistae.

M. madagascariensis Lam. auf der Insel Madagascar, liefert die sogenannten langen Muskatnüsse, die seltener im Handel vorkommen. In Brasilien und Ostindien sind noch einige ihrer medicinischen Wirkungen wegen in Ansehen.

Thymeleae Juss.

§. 198. Sträucher oder Kräuter, bisweilen Bäume, mit abwechselnden oder büschelig gestellten, ganzrandigen, einfachen, bald derben, bleibenden, bald einjährigen, nebenblattlosen, Blättern. Blüthen regelmässig, meist hermaphroditisch, winkel- oder endständig, büschelig gehäuft oder in Aehren. Perigon unterständig, in der Knospenlage dachig, röhrig, mit vier-, seltener fünfspaltigem Saum, gefärbt. Staubgefässe der Perigonröhre eingefügt, zumeist acht, Antheren zweifächerig, der Länge nach aufspringend. Fruchtknoten frei, einblätterig, einfächerig, mit einem hängenden, anatropen Eichen, einem Griffel mit einfacher Narbe. Ffucht eine beerenartige Steinfrucht oder ein Nüsschen. Samen eiweisslos oder nur spärliche Reste von Eiweiss mit geradem Keim.

Vorkommen: In wärmeren Gegenden in grösserer Anzahl, wie z. B. im Capland, in Australien; in Europa finden sich nur zwei Gattungen, von denen die eine Arten in den Alpen aufzuweisen hat. Das tropische Asien und Südamerika haben einige wenige Repräsentanten.

Eigenschaften: Die Thymeleen enthalten in der Rinde und den Samen scharfe, hautröthende, blasenziehende, selbst narkotische Bestandtheile. Die geschmeidigen Bastzellen werden vielfach technisch verarbeitet.

Daphne L., Seidelbast, Kellerhals. Perigon röhrig mit vierspaltigem Saum; Staubgefässe acht, in zwei Reihen, mit kurzen Fäden; Frucht eine beerenartige drupa.

D. Mezereum L. Ein zwei bis vier Fuss hoher Strauch unserer Gebirgswälder, mit seitenständigen, sitzenden, rosenrothen Blüthen, vor den Blättern erscheinend, wohlriechend, mit rothen Beeren. Officinell: Cortex Mezerei; die getrockneten Beeren, Baccae s. Semen Coccognidii, sind obsolet geworden.

D. Laureola L., immergrüner oder lorbeerblättriger Seidelbast. Ein bis drei Fuss hoher Strauch mit gelblichgrünen, seiten-

ständigen Blüthen und immergrünen, lederartigen Blättern. Südeuropa. Die Rinde darf wie oben verwandt werden. Ebenso wird als französischer Seidelbast, Cortex Gnidii s. Thymeleae, die Rinde von D. Gnidium L. im südlichen Frankreich, Italien, Spanien gesammelt. Alle deutschen Arten gehören zu den scharfen Giftpflanzen.

Loranthaceae Juss.

§. 199. Auf Bäumen parasitisch lebende, immergrüne Sträucher mit gabelspaltigen, gegliederten und daselbst knotig verdickten Zweigen; Blätter gegenständig, einfach, meist lederartig, nebenblattlos. Blüthen monoecisch oder dioecisch. Die männlichen Blüthen besitzen hier und da ein kelchartiges, röhriges, vierspaltiges Perigon, an dessen Lappen die mehrfächerigen, staubfadenlosen Antheren befestigt sind. Die weiblichen Blüthen dagegen haben öfters einen mit dem Fruchtknoten verwachsenen, vierzähnigen Kelch und vier am Rande der Kelchröhre sitzende Blumenblätter. Ein Griffel auf einfächerigem Fruchtknoten, der ein bis zwei hängende, nackte ovula enthält. Frucht beerenartig mit klebrigem, gummiähnlichem Brei.. Samen eiweisshaltig.

Vorkommen: Unser gemässigtes Klima in Europa besitzt nur drei Arten; dagegen ist diese durch ihren Parasitismus so ausgezeichnete Familie eine ächt tropische zu nennen, da sie in jenen Gegenden in grosser Artenzahl und mit herrlich prangenden Blumen, namentlich in Amerika und Asien, auftritt.

Eigenschaften: Durch oben erwähnten klebrigen Stoff in den Beeren, Viscin, mit Hilfe dessen sie, durch Vögel verbreitet, an den Bäumen hängen bleiben und keimen, ausgezeichnet; ferner sollen sie noch adstringirend wirken. Von den tropischen Arten ist nichts Weiteres bekannt.

Viscum L., Mistel. Männliche Blüthe ohne Perigon. Die vier Staubgefässe sind blumenartig ausgebreitet, auf ihrer Mitte sitzen die mit Poren sich öffnenden Antheren. Weibliche Blüthen mit vierblättigem, in der Knospenlage klappigem Perigon. Fruchtknoten dem sich kelchartig erhebenden Blüthenboden eingesenkt, aus zwei Fruchtblättern bestehend, einfächerig, mit einem aufrechten, nackten, zuletzt mit demselben verwachsenden Eichen. Narbe sitzend; Beere einsamig. Same eiweisshaltig mit achsenständigem Keim.

V. album L., weisser Mistel. Wiederholt gabelästig, grünlichgelb; Blüthen gelblich, endständig, knäuelartig; Frucht weiss. Lebt parasitisch auf sehr verschiedenartigen Laub- und Nadelhölzern. Officinell: Stipites Visci, jetzt kaum noch in Anwendung.
Früher waren die Aestchen und Blätter von Loranthus europaeus,

gemeine Riemenblume, auf Eichen und Kastanien in Südeuropa schmarotzend, das sehr adstringirende Viscum quercinum der Alten, officinell. Die Beeren beider dienen zur Vogelleimbereitung.

Euphorbiaceae Nutt.

§. 200. Meist Milchsaft führende Kräuter, Sträucher oder Bäume, letztere bisweilen fleischig und cactusähnlich, mit wechsel- oder gegenständigen, meist einfachen, seltener gelappten, bisweilen verkümmerten oder fehlenden, nebenblattlosen oder mit Nebenblättern versehenen Blättern. Blüthen diclinisch, häufig rudimentär, selten einzeln, sondern in trugdoldenartigen, ährigen oder traubigen Blüthenständen, häufig mit getrennten oder zu becherartigen Hüllen vereinigten Bracteen versehen. Perigon, wenn vorhanden, einfach, unscheinbar, meist vier- bis sechstheilig, selten vielblätterig (und deswegen häufig zu den polypetalen Dicotyledonen gestellt), in der Knospenlage klappig oder dachig. Bei einigen Gattungen kommt eine getrenntblättrige Blumenkrone vor. Staubgefässe bald in der Einzahl, bald Mehr- oder Vielzahl, mit freien oder verwachsenen Staubfäden, zweiköpfigen, zweifächerigen, meist in Längsspalten aufspringenden Antheren. Fruchtknoten frei, vorwiegend aus drei Fruchtblättern gebildet, mit centraler Achse verbunden, dreifächerig, selten zwei- oder mehrfächerig mit je einem, selten zwei anatropen hängenden Eichen; Griffel so viele als Fächer, theils frei, theils verwachsen, mit einfacher oder viellappiger Narbe. Frucht eine kapselartige, meist dreifächerige Theilfrucht, deren Fächer zweiklappig von der centralen Achse, der bleibenden Mittelsäule, elastisch zurückschnellen. Samen mit warzenförmigem Samenmantel am Keimmunde, Keim gerade, mit oft blattartigen Cotyledonen, von ölig-fleischigem Eiweiss eingeschlossen.

Vorkommen: Diese grosse Familie hat ihre Hauptverbreitung in den tropischen Gegenden Asiens, Amerikas und Afrikas, in letzterem Erdtheil treten die saftreichen, säulenartigen Euphorbien auf. Nach dem Norden zu nehmen sie rasch ab; in Europa zeichnen sich die verhältnissmässig wenigen Gattungen und Arten durch ihr geselliges Auftreten aus.

Eigenschaften: Die wolfsmilchartigen Gewächse sind durch die Mannigfaltigkeit ihrer Stoffe sehr ausgezeichnet, worauf sich denn auch die vielseitige Anwendung, besonders in tropischen Gegenden, gründet. Zunächst ist es der in besonderen Milchsaftgefässen reichlich vorhandene weisse Saft, der bald milde, bald scharf und giftig, vorzugsweise Harz oder Kautschuk enthält. Die Samen der meisten Arten enthalten ein mildes, fettes, wenige ein äusserst scharfes, drastisches Oel. In den rübenartigen An-

schwellungen unterirdischer Theile ist Stärkemehl angehäuft, in einigen Rinden kommen ätherische Oele vor; Farbestoffe, wachsartige Ausscheidungen, kräftige Gerbstoffe und der oben erwähnte Kautschuk machen sie technisch wichtig.

1) Euphorbieae Bartlg. Blüthen monoecisch, männliche und weibliche Blüthentheile von einer gemeinschaftlichen Hülle umgeben. Fruchtknotenfächer eineiig.

Euphorbia L., Wolfsmilch. Eine einzige centrale weibliche Blüthe ist von zahlreichen, etwas tiefer sitzenden, seitenständigen, männlichen Blüthen umgeben. Erstere besteht aus einem gestielten, dreifächerigen Fruchtknoten mit drei Narben, letztere aus je einem unten gegliederten Staubgefäss, das am Grunde meistens mit einem lanzettlichen, dünnhäutigen Stützblatte versehen ist. Das Ganze wird von einer glockigen oder becherartigen, mit vier- oder fünfspaltigem Saume und ebenso vielen rundlichen oder halbmondförmigen, gefärbten Drüsen versehenen Hülle umfasst. Kapsel überhängend, dreifächerig, dreisamig.

Unsere einheimischen Wolfsmilcharten werden zum Theil mit Recht zu den Giftpflanzen gerechnet. Mehrere von ihnen waren früher im arzneilichen Gebrauch wie z. B.:

E. helioscopia L. — Radix et Herba Esulae s. Tithymali.
E. palustris L. — Radix Esulae majoris.
E. Lathyris L., kleines Springkraut. Südeuropa. Blätter kreuzweise gestellt. Die scharfen, brechenerregenden Samen, Semen Cataputiae s. Ricini minoris.
E. canariensis L. Canarische Inseln.
E. tetragona Haw. Capland.
E. antiquorum L. Ostindien.
E. officinarum L. Tropisches Afrika. Blattlose, mit bedornten Polstern versehene Arten, von denen man früher annahm, dass sie den durch Einschnitte gewonnenen und nachher getrockneten Milchsaft, das Euphorbium, Gummi-resina Euphorbium, lieferten. Es ist aber wahrscheinlich, dass dasselbe von einer im marokkanischen Atlas vorkommenden Art, der E. resinifera Berg., abstammt. Es enthält das Euphorbon, als drastisch wirkenden, und ein Harz, als therapeutisch wirksamen, hautröthenden, Bestandtheil.

Zahlreiche aussereuropäische Arten finden in ihrem Vaterlande medicinische Verwendung.

2. Acalyphoideae Bartlg. Blüthen monoecisch oder dioecisch, in Aehren, Trauben oder Knäueln, nicht von einer Hülle eingeschlossen. Fruchtknotenfächer eineiig.

Mercurialis L., Bingelkraut. Blüthen dioecisch; Perigon drei- bis viertheilig; Staubgefässblüthen mit acht bis zwölf Staubgefässen in unterbrochenen Aehren; Kapsel zweifächerig, zweisamig.

M. annua L. Stengel ästig, vierkantig, wie die ei-lanzettlichen Blätter kahl; weibliche Blüthen fast sitzend. Blüthen grünlich. Nicht milchend. Früher officinell: Herba Mercurialis; ebenso von M. perennis L., Stengel stielrund, wie die Blätter fein behaart; weibliche Blüthe langgestielt: Herba Mercurialis montanae. — Enthält überdies einen indigoartigen Farbstoff. — Giftpflanze.
Hippomene Mancinella L., Manschinellbaum, in Westindien. Alle Theile, besonders aber die äpfelartigen Früchte, enthalten einen sehr narkotischen Milchsaft. Der Aufenthalt in der Nähe des Baumes soll schon gefahrbringend sein.

Siphonia Rich., Federharzbaum. Blüthen monoecisch; Perigon glockenförmig, fünfspaltig. Männliche Blüthe: Staubgefässe fünf oder zehn, die Staubfäden zu einer Säule verwachsen, Antheren wirtelständig. Weibliche Blüthe: Fruchtknoten stumpf, dreikantig, im Grunde des bleibenden Perigons, Narben drei, sitzend; Kapsel gross, dreiknöpfig, mit zweiklappigen, einsamigen Knöpfen.

S. elastica Pers. und S. Brasiliensis Willd. Grosse, schlanke Bäume, die in Menge im Gebiet des Amazonenstroms und seiner Nebenflüsse wachsen, liefern das meiste Kautschuk des Handels. Dieser Milchsaft wird durch Anbohren oder Einschnitte in den Stamm gewonnen und dann über verschiedenen Formen getrocknet. Neben Kautschuk enthält der Milchsaft Proteïnstoffe, einen Bitterstoff, Wachs und Salze, Resina elastica, Gummi elasticum. —
Viele andere Euphorbiaceen liefern noch Kautschuk, ausserdem ist derselbe auch im Milchsafte von Pflanzen anderer Familien, wie z. B. Moreen, Artocarpeen, Apocyneen, vorhanden.
Stillingia sebifera Michx., der chinesische Talgbaum. Die Samen sind von einem weissen, wachsähnlichen Ueberzuge umgeben, der zur Bereitung von Kerzen verwendet wird.

Ricinus L., Wunderbaum. Blüthen monoecisch; Perigon drei- bis fünftheilig, Männliche Blüthe: Staubgefässe in zahlreiche, vielfach verzweigte Stämme verwachsen, Antheren frei, mit getrennten Fächern. Weibliche Blüthe: Fruchtknoten dreifächerig mit drei zweitheiligen, gefärbten, federartig drüsigen Narben. Frucht eine dreiknopfige, igelstachelige Kapsel.

R. communis L. Im südlichen Asien zu Hause, in tropischen Gegenden verbreitet, baumartig, 30—40', in Italien cultivirt, bei uns einjährig, als krautige Zierpflanze, oft eine Höhe von 12' erreichend. Officinell sind die Samen und das daraus gewonnene fette Oel, Oleum Ricini s. palmae Christi s. Castoris, et Semina Ricini s. Cataputiae majoris, Ricinus- oder Castoröl. Der drastisch wirksame Stoff der Ricinussamen ist noch völlig unbekannt.
Caelebogyne ilicifolia Sm. Strauch mit dioecischen Blüthen, an der Ostküste Australiens. Eine interessante Pflanze wegen vermutheter Parthenogenesis, d. h. Keimbildung ohne vorausgegangene Befruchtung.

Jatropha L., Brechnuss. Blüthen monoecisch, Kelch und Ko-

rolle fünftheilig. Männliche Blüthe: Zahlreiche, ungleich grosse, monadelphische Staubgefässe. Weibliche Blüthe: Dreifächeriger Fruchtknoten mit drei Griffeln und zweispaltigen stumpfen Narben.

J. Curcas L. (Curcas purgans Adans.). Strauch- oder baumartig in Westindien; Südamerika, in Ostindien cultivirt. Alle Theile enthalten einen scharfen Milchsaft. Samen abführend, brechenerregend, in grösseren Quantitäten genossen, tödtlich giftig wirkend. Semen Curcadis s. Ricini majoris s. Ficus infernalis s. Nuces catharticae Americanae; das daraus gewonnene fette Oel, Oleum infernale s. Curcadis, soll öfters dem Crotonöl beigemengt werden und wirkt ebenfalls heftig drastisch und brechenerregend.

Manihot Plum., Manioka. Blüthen monoecisch; Perigon blumenartig, glockenförmig, fünfspaltig. Männliche Blüthe: Zehn fast freie Staubgefässe. Weibliche Blüthe: Fruchtknoten von einer Scheibe getragen, dreifächerig, mit drei verwachsenen kurzen Griffeln und kammförmiger, vielspalger Narbe.

M. utilissima Pohl. (Jatropha Manihot L.) Südamerika, in vielen tropischen Ländern gebaut; ein Strauch mit fleischiger, kegelförmiger, gelblich-weisser, 20—30 Pfund schwerer Wurzel, eines der wichtigsten Nahrungsmittel in den tropischen Gegenden von Amerika, Asien und Afrika. Die frische Wurzel enthält einen scharfen, höchst giftigen, schnell tödtenden Milchsaft mit reichlichem Stärkemehl; da die giftigen Eigenschaften nach Boussingault von der Gegenwart von Blausäure herrühren, so verliert sich die schädliche Wirkung nach dem Erwärmen, Trocknen und Zerreiben. Aus dem Mehl wird das sogenannte Cassave- oder Manioka-Brod bereitet; der nach dem Erhitzen der feuchten Stärke gebildete Sago heisst Tapiocca oder brasilianisches Arrowroot im Handel.

M. Janipha Pohl. und M. Aipi Pohl. Beide ebenfalls in Südamerika, mit nicht giftigem Milchsafte, des Stärkemehlgehaltes wegen benutzt.

Rottlera Roxb., Rottlerie. Blüthen dioecisch; Perigon dreibis fünftheilig. Männliche Blüthe: Zahlreiche Staubgefässe unten verwachsen oder frei, einem mehr oder minder behaarten Träger einfügt. Weibliche Blüthe: Fruchtknoten zwei- bis vierfächerig mit je einer Samenknospe, zwei- bis viertheiligem Griffel und langer, federiger Narbe; Frucht körnig, von rothen Drüsen dicht besetzt.

R. tinctoria Roxb. (Mallotus Philippinensis Müller.) Ein bis 20' hoher Baum des tropischen Asiens, Afrikas und Australiens, dessen meist dreieckige, höchstens erbsengrosse, Früchte mit einem drüsig-haarigen Ueberzuge versehen sind, der nach der Fruchtreife abgebürstet und in Hindostan, China, auf Ceylon, in Südarabien, als Wurrus oder Waras, zum Färben der Seide benutzt wird, ausserdem aber sich unter dem Namen Kamala, Glandulae Rottlerae, als Bandwurmmittel einen Ruf erworben hat. Der wirksame Be-

standtheil ist ein dem Koussin wahrscheinlich verwandtes, und deshalb wurmtreibendes Harz, und ein indifferenter Farbestoff, das Rottlerin.

Croton L., Kroton. Blüthen monoecisch. Männliche Blüthe mit fünftheiligem Kelch und Korolle, fünf Drüsen im Grunde derselben, und zehn bis zwanzig freien, vor dem Aufblühen gekrümmten Staubgefässen. Weibliche Blüthe mit fünftheiligem Kelch und fünfblättriger Korolle, Fruchtknoten auf einer fünfstrahligen Scheibe oder drei- oder vieltheiligem Griffel und fadenförmiger Narbe. Frucht eine dreiknöpfige Kapsel, in drei zweiklappige Theile zerfallend.

Cr. Eluteria Bennet. Ein Strauch auf den Bahama-Inseln.

Cr. Cascarilla Bennet. Cr. lineare Jacq. und Cr. Sloanei Bennet. auf den Antillen und Bahama-Inseln. — Diese vier Arten geben die bitter-aromatische Cascarilla, Cortex Cascarillae, ätherisches Oel und einen harzigen Bitterstoff, Cascarillin, enthaltend.

Cr. pseudochina Schedl. in Mexiko, besitzt eine der ächten Cascarille ähnliche Rinde, Cortex Copalche s. Quina blanca.

Cr. Malambo Karst. Ein Baum an der Nordküste von Venezuela und Neugranada, liefert die bei uns nicht mehr in Verwendung kommende Cortex Malambo.

Cr. Tiglium L. (Tiglium officinale Ketzsch.) Strauch oder kleiner Baum in Ostindien. Die Samen, Semen s. Grana Tiglii, Purgirkörner oder Granatill, sind eigentlich ausser Gebrauch, und nur noch das aus denselben bereits in Ostindien gewonnene Oleum Crotonis in Anwendung, dessen Hauptbestandtheile die drastisch wirkende Crotonsäure und das harzartige, blasenziehende Crotonol sind.

Cr. Pavana Ham., lieferte das jetzt obsolete, drastisch wirkende Lignum moluccense.

Cr. Draco Schlcht. und Cr. sanguifluus, in Südamerika, sollen einen, nach dem Trocknen dem Drachenblut, Sanguis Draconis, ähnlichen rothen Milchsaft besitzen.

Cr. lacciferum L. (Aleurites Willd.) In Ostindien, auf den Molukken, giebt in Folge des Stiches der Lackschildlaus (Coccus Lacca Kerr.) ein harzartiges Exsudat, das neben den Eiern dieses Thierchens auch einen von denselben abgeschiedenen Farbstoff enthält, der als Lac-Dye, Lac-Lac im Handel erscheint, während der harzige Rückstand als Schellack, Lacca in tabulis Anwendung findet. Die harzige, noch den Farbstoff enthaltende Masse wird als Gummilack oder Lacca in ramulis s. in baculis bezeichnet.

Cr. tinctorium L. (Crozophora tinctoria Juss.) An den Küsten des Mittelmeeres; enthält einen blauen Farbstoff. Die mit demselben getränkten, leinenen Lappen sind im Handel als Bezetta caerulea s. Maurelle s. Tournesol.

3. Phyllantoideae Bartlg. Fruchtknotenfächer zweieiig. Männliche Blüthen ohne Rudiment eines Pistills.

Emblica Gaertn. Blüthen monoecisch mit sechstheiligen, kelchartigen Perigonen. Männliche Blüthen: Staubgefässe in eine

Säule verwachsen; weibliche Blüthen: Fruchtknoten dreifächerig, mit je zwei Eichen in jedem Fache, Griffel drei; Frucht pflaumenartig.

E. officinalis Gaertn. (Phyllanthus Emblica Willd.) Die Früchte waren früher als Myrobalani Emblicae officinell wegen ihres Gerbstoff- und Zuckergehaltes. Die frischen, saftreichen Früchte, schwarze Myrobalanen, sind ein in Ostindien geschätztes Obst. — Diese Abtheilung enthält übrigens noch eine Menge von Arten, die alle in tropischen Gegenden medicinische Verwendung finden.

4. Buxoideae Bartlg. Fruchtknotenfächer zweieiig. Männliche Blüthen mit Rudimenten des Pistills.

Buxus L., Buchsbaum. Blüthen in blattachselständigen Knäulchen, einhäusig. Blüthenhülle vierblätterig. Staubgefässe vier. Weibliche Blüthen einzeln, in der Mitte mehrerer männlichen. Griffel drei; Kapselfrucht dreiknöpfig.

B. sempervirens L., gemeiner Buchsbaum. Var. arborescens, baumartig, var. suffruticosa, Zwergbuchsbaum. Wildwachsend im südlichen Europa. Früher war das Holz, das seiner Festigkeit wegen verschiedenen technischen Zwecken dient, Lignum Buxi, officinell. Die Blätter, als Verwechslung mit den Folia Uvae ursi, sind früher schon erwähnt.

Urticaceae Endl.

§. 201. Einjährige oder ausdauernde, wässerige Säfte enthaltende, Kräuter, seltener Sträucher oder Bäume, mit gegenständigen oder zerstreuten, einfachen oder mit Einschnitten und vergänglichen Nebenblättern versehenen Blättern. Blüthenstände rispen- oder knäulartig; Blüthen in der Regel diclinisch. Blüthenhülle krautartig, unansehnlich, mit dachiger Knospenlage, zwei- bis fünfzählig. Staubgefässe in der Knospenlage eingeknickt, beim Aufblühen zurückschnellend, vier- bis fünfzählig; die zweifächerigen Antheren der Länge nach aufspringend. Fruchtknoten frei, einfächerig mit einem aufrechten, geraden Eichen, einem Griffel und pinselförmiger Narbe. Frucht eine einsamige Caryopse mit eiweisshaltigem Samen und geradem, rings von Eiweiss umgebenem Keim.

Verbreitung: In Europa und überhaupt in der gemässigten und kalten Zone nur in wenigen, aber durch geselliges Auftreten ausgezeichneten Arten. Dagegen finden sie sich zahlreich in den wärmeren Regionen.

Eigenschaften: Ein Theil der hierher gehörenden Pflanzen besitzt zusammengesetzte, Ameisensäure enthaltende Drüsen, die sogenannten Brennhaare, die beim Berühren heftiges Brennen, selbst gefährliche Entzündungen, verursachen. Technisch wird der Bast einiger Arten als Gespinnst (Nesseltuch) verwerthet.

Urtica L., Brennessel. Monoecisch oder dioecisch: männliches Perigon gleichmässig viertheilig, weibliches Perigon unregelmässig viertheilig; Staubgefässe vier; Griffel fehlt. Narbe pinselartig.

U. dioica L., grosse Brennessel. Zweihäusig, ausdauernd. Die winkelständigen Blüthenrispen länger als der Blattstiel.

U. urens L., kleine Brennessel. Einhäusig, einjährig, die Blüthenrispen kürzer als der Blattstiel. — Beide mit Brennhaaren und überall sehr häufig. Das frische Kraut wurde zur Bereitung eines Kräutersaftes, Herba Urticae majoris et minoris, die ganze Pflanze zum Peitschen gelähmter Glieder, Urticatio, die Samen, Semina Urticae, in der Homöopathie verwendet. Der Bast dient als Gespinnst. Ebensolche Anwendung finden U. tenacissima auf Sumatra, U. nivea und Puya in Ostindien, U. cannabina in Sibirien.

Parietaria L., Wand-Glaskraut. Polygamisch; Perigon vier- bis fünftheilig, gleichmässig; Staubgefässe vier bis fünf; Griffel fadenförmig mit kopfig-pinselartiger Narbe.

P. erecta U. et K., aufrechtes Wandkraut, und

P. diffusa U. et K., ausgebreitetes Wandkraut, waren Linné's P. officinalis et var. Von diesen beiden Arten wurde früher die ganze Pflanze mit schwach-salzigem Geschmack als harntreibendes Mittel angewendet, Herba Parietariae s. Helxines.

Cannabineae Endl.

§. 202. Aufrechte oder windende, einjährige oder perennirende Kräuter mit abwechselnden, eingeschnittenen oder gelappten und mit bleibenden Nebenblättern versehenen Blättern. Männliche Blüthenhülle fünftheilig, in der Knospenlage dachig, krautartig. Weibliche Blüthenhülle den Fruchtknoten einschliessend und von einen Deckblatt umhüllt. Staubgefässe in der Knospe gerade, Antheren wie bei der vorhergehenden Familie. Fruchtknoten einfächerig mit einem gebogenen, hängenden Eichen und zwei fadenförmigen Narben. Frucht ein Nüsschen mit eiweisslosem Samen und spiraligem oder gebogenem Keim.

Vorkommen und Eigenschaften ergeben sich aus der speciellen Betrachtung der beiden, die ganze Familie repräsentirenden, Arten.

Cannabis L., Hanf. Dioecisch; männliche Blüthen in Trauben; Perigon fünftheilig; Staubgefässe fünf; weibliche Blüthen, ein bis zwei, achselständig; Perigon zungenförmig, das Nüsschen ganz einhüllend. Keim gebogen.

C. sativa L. Stengel aufrecht; Blätter fingerförmig zusammengesetzt, scharf sägezähnig, rauhhaarig. Diese einzige Art der Gattung stammt aus Indien und Persien, wird häufig gebaut und verwildert hier und da. In Asien soll der Hanf höher und harzreicher werden, was Veranlassung gab eine fälschlich neue Art, Cannabis

indica, daraus zu machen. Die officinellen Spitzen der weiblichen indischen Pflanze kommen als Summitates Cannabis indicae in den Handel; sie werden in Indien als „Bang, Gunjeh, Hachisch" bezeichnet, — mit narkotisch berauschenden Eigenschaften. Officinell sind von der bei uns cultivirten Pflanze die Früchte, Fructus s. Semen Cannabis, sie enthalten in ihren Keimblättern 25—30 % fettes Oel, das auch technische Verwendung findet. In Europa wird der Hanf hauptsächlich der vortrefflichen Bastzellen wegen angebaut.

Humulus L., Hopfen. Dioecisch; männliche Blüthe wie vorige, weibliche Blüthe in Kätzchen vereinigt; Perigon schuppenförmig, das Nüsschen theilweise einhüllend. Keim spiralig gewunden.

H. Lupulus L. Stengel rechtswindend; Blätter drei- bis fünflappig, grob gesägt, scharf; Fruchtähre zapfenartig, mit trockenhäutigen Deckblättern, deren Grund nach innen mit goldgelben, rundlichen Drüsen besetzt ist. In Europa einheimische, einzige Art, und wichtige Culturpflanze. Bei der cultivirten Pflanze verkümmern die beiden Blüthen, die noch von besonderen kleinen Deckschüppchen unterstützt werden, die obengenannten trockenhäutigen Deckblätter vergrössern sich nach der Blüthezeit und liefern um so reichlicher das officinelle Lupulin, Strobili Lupuli, einen für die Bierbrauerei wichtigen Bitterstoff. Die Frühjahrstriebe dienen als Gemüse.

Artocarpeae DC.

§. 203. Fast ausschliesslich Milchsaft führende Bäume oder Sträucher, selten Kräuter, mit abwechselnden, einfachen oder gelappten, rauh anzufühlenden, von hinfälligen oder resistenten Nebenblättern begleiteten Blätter. Blüthen monoecisch oder dioecisch, mit bald kelchartigem, drei- bis fünftheiligem, bald unscheinbarem oder verkümmertem Perigon. Staubgefässe von sehr schwankender Zahl, meist drei bis sechs, dem Grunde des Perigons eingefügt, mit zweifächerigen, der Länge nach aufspringenden Antheren. Fruchtknoten frei, meist einfächerig und eineiig; Griffel einfach oder gespalten mit häufig sehr entwickelter Narbe; Frucht nussartig, oft von dem fleischig werdenden und dann beerenartig aussehenden Perigon umgeben oder dem fruchtähnlichen Blüthenboden eingesenkt; in beiden Fällen eine sogenannte Sammelfrucht (Syncarpium) darstellend. Samen eiweisshaltig oder eiweisslos mit geradem oder gekrümmtem Keim.

Verbreitung: Feigen und Maulbeeren, ursprünglich in Kleinasien und China zu Hause, sind im Süden von Europa eingebürgert, einige Gattungen hat Nordamerika, während die meisten in der Nähe der Tropen oder in den tropischen Gegenden selbst ihre Hauptverbreitung haben.

Eigenschaften: Die grosse Mannigfaltigkeit der Producte macht diese Pflanzenfamilie zu einer der wichtigsten im ganzen

Pflanzenreiche. Bald sind es die geniessbaren, zuckerhaltigen Früchte, die als Nahrungsmittel dienen, bald sind es Farbstoffe oder die Bastfasern, die in der Technik Verwendung finden. Der so häufig und reichlich vorkommende Milchsaft ist das eine Mal geniessbar wie Milch, das andere Mal scharf, brennend und sogar von tödtlicher Wirkung.

1) Moreae Endl. Staubgefässe in der Knospe eingebogen, endlich elastisch sich streckend. Samenknospe hängend, campylotrop. Same eiweissreich, mit hakenförmig gebogenem Keim.

Morus Tournef., Maulbeerbaum. Blüthen monoecisch oder dioecisch, in dichten, fast kugeligen Aehren; Perigon vierblätterig; Staubgefässe vier; Fruchtknoten zweifächerig; Nuss von dem saftigen Perigon umgeben, eine falsche Beere darstellend.

M. alba L. Blätter herz-eiförmig, ungetheilt, lappig oder fiederspaltig, selten behaart; weibliche Aehren gestielt; Perigon am Rande kahl, ebenso die Narben. Fruchtähre (Sammelfrucht) weiss. Ein 40—50' hoher Baum Asiens, bei uns meist strauchartig, der Seidenraupenzucht wegen angepflanzt.

M. nigra L. Blätter wie bei der vorigen, aber unterseits dicht behaart; weibliche Aehren fast sitzend; Perigon am Rande, nebst Narben rauhhaarig. Fruchtähren röthlich-schwarz. Ein 15—20' hoher Baum Kleinasiens, bei uns der sehr saftreichen, falschen Früchte wegen angepflanzt, auch officinell, Fructus Mori s. Mora.

Von den, auch im südlichen Europa noch fortkommenden Bäumen, die Linné ebenfalls zu Morus rechnet, wären noch zu erwähnen: Broussonetia papyrifera L'Herit., Papier-Maulbeerbaum. In China, Japan und den Südseeinseln einheimisch; aus dem Bast der Rinde wird schon längst Papier bereitet.

B. tinctoria Mart., in Südamerika, liefert das gelbe Brasilholz des Handels. In Nordamerika gewinnt man von Maclura aurantiaca Nutt. einen gelbrothen Farbstoff.

Ficus Tournef., Feigenbaum. Nebenblätter zu einer hinfälligen Tute verwachsen. Die sogenannte Feige besteht aus aus dem birnförmigen, innen vertieften Blüthenlager (Blüthenkuchen (coenanthium), das einen verkürzten Spross darstellt, innen ist dasselbe dicht mit Blüthchen besetzt und zwar zu oberst die männlichen, inmitten und unten die weiblichen. Am Scheitel ist dieser eigenthümliche Blüthenstand durch eine Anzahl Deckblätter geschlossen. Perigon meist farblos, vier- bis sechstheilig, Staubgefässe ein bis sechs; Fruchtknoten kurz gestielt, vorherrschend einfächerig mit seitenständigem, oben gespaltenem Griffel; Steinfrucht klein, rundlich.

F. Carica L. Ursprünglich in Asien zu Hause, in den Ländern am

Mittelmeere in zahlreichen Varietäten cultivirt. Blätter verschieden gestaltet, die unteren oft einfach, während die höher inserirten drei- bis fünflappig sind. Frucht meist birnförmig. Officinell sind die getrockneten Sammelfrüchte, Caricae, deren wichtigster Bestandtheil der Traubenzucker ist.

F. cerifera Blume. Auf Sumatra; der getrocknete Milchsaft ist wachsartig und dient zur Fabrikation von Kerzen.

F. elastica Roxb. (Urostigma Miq.), unsere Zimmer-Zierpflanze, der sogenannte Gummibaum, aus Ostindien, liefert nebst anderen südamerikanischen und westindischen Arten, wie F. Radula W., F. nymphaesifolia L. etc., eine Art Kautschuk oder Gummi elasticum.

F. indica L. (religiosa), indischer Götzenbaum, liefert ausser Kautschuk, in Folge des Stichs von Coccus Lacca, eine Art Gummilack oder Schellack (cf. Aleurites, Euphorbiaceae).

F. Sycomorus L. In Aegypten; ein ansehnlicher und seines harten Holzes wegen sehr geschätzter Baum.

Dorstenia Plum., Giftwurzel, mit flach ausgebreitetem Blüthenkuchen, der bald rundlich, bald gabelig gespalten ist.

D. brasiliensis in Brasilien, D. Contrayerva L. in Westindien, lieferten die obsolete Radix Contragerrae.

2. Artocarpeae Endl. Samenknospe bald mehr oder weniger gebogen, bald gerade und aufrecht. Same eiweisslos.

Artocarpus L., Brodfruchtbaum. Blüthen monoecisch. Die männlichen Blüthen bilden ein dichtgedrängtes kolbiges Kätzchen; das zwei- bis dreitheilige Perigon enthält je ein Staubgefäss. Die weiblichen Blüthen wachsen auf einem kugelförmigen Blüthenboden zusammen; Perigon röhrig geschlossen, den seitlichen Griffel durchlassend. Fruchtstand eine falsche, zusammengesetzte Beere, aus den, je ein Nüsschen einschliessenden, fleischig gewordenen, Perigonen gebildet.

A. incisa L. und integrifolia L. Auf den Südseeinseln und in Ostindien; 40—50' hohe Bäume, von denen die 2—3 Pfd. schweren, maulbeerähnlichen Brodfrüchte stammen, die ein unentbehrliches Nahrungsmittel für die Südseeinsulaner bilden, zumal drei Stämme hinreichende Früchte auf Jahresfrist für einen Menschen geben. Das sehr stärkemehlreiche Innere der unreifen Früchte wird, auf Kohlen geröstet, statt Brod gegessen. Holz und Bast werden technisch verarbeitet.

Antiaris toxicaria Lesch., Upasbaum. Auf den Inseln des ostindischen Archipels. Der ausfliessende, weisse Milchsaft ist tödtlich giftig und wird von den Eingeborenen zum Vergiften ihrer Pfeile benutzt, Pfeilgift, Upas Antjar.

Galactodendron utile Kunth., der Kuhbaum von Caracas, mit geniessbarem, wohlschmeckendem, durch Einschnitte an den Stämmen gewonnenem Milchsaft.

Balsamifluae Blume. (Altingiaceae Lindl.).

§. 204. Bäume mit zerstreuten, meist gelappten Blättern und hinfälligen Nebenblättern. Blüthen monoecisch, perigonlos, in kugeligen oder verlängerten Kätzchen, die von einer hinfälligen Hülle umschlossen werden. Die männliche Blüthe besteht aus zahlreichen, fast sitzenden Staubgefässen; die weibliche aus einem zweifächerigen, einem kugelförmigen receptaculum eingesenkten Fruchtknoten; beide Blüthen sind von Schuppen umgeben. Die Eichen sind zahlreich an den Scheidewänden der Fächer befestigt; Griffel zwei. Frucht ein aus verwachsenen Schuppen zusammengesetztes, zapfenartiges Gebilde; in den durch die erhärteten Schuppen entstandenen Höhlungen befinden sich die verkehrt-kegelförmigen, zweifächerigen, zweiklappigen Kapseln. Samen meist zahlreich, geflügelt, schwach eiweisshaltig; Würzelchen nach oben gekehrt.

Verbreitung: Diese kleine Familie besteht nur aus der Gattung Liquidambar mit drei Arten, von denen zwei in Asien und eine in Nordamerika zu Hause ist.

Eigenschaften: Der Name der Familie kennzeichnet schon diese Bäume als reich an wohlriechenden, balsamischen, harzigen Säften, die freiwillig ausfliessen oder durch Einschnitte und Auskochen gewonnen werden.

Liquidambar L., Storaxbaum. Baum von 40′ Höhe vom Habitus der Platane.

L. orientale Mill. Blätter geflügelt, gesägt, an den Einschnitten am Rande drüsig. Im südwestlichen Theile von Kleinasien und Nordsyrien, zum Theil dichte Wälder bildend. Der aus der Rinde mit Hülfe von warmem Wasser ausgeschmolzene Balsam geht unter dem Namen Storax liquidus, Balsamum Styracis, im Handel. Der ausgepresste Rindenrückstand ist die Cortex Thymiamatis. Der sogenannte Storax calamitus ist ein in Triest gefertigtes Gemenge von flüssigem Storax mit Sägespänen. Der Hauptbestandtheil des flüssigen Storax ist ein flüchtiger Kohlenwasserstoff, Styrol, von angenehmem Geruch und specifischem Geschmack, neben dem krystallisirbaren neutralen Styracin und der Zimmtsäure.

L. styraciflua L. In Nordamerika; der aromatische Balsam, Liquidambar, Ambra liquida, kommt kaum mehr in den europäischen Handel.

L. Altingiana Blume. Auf den ostindischen Inseln, in China; liefert das aromatische Rasamala-Harz.

Ulmaceae Mirb.

§. 205. Bäume oder Sträucher mit wechselständigen, einfachen, rauhen Blättern und hinfälligen Nebenblättern. Blüthen hermaphroditisch oder polygamisch, in Büscheln auftretend. Pe-

rigon kelchartig oder glockig, drei- bis neuntheilig, in der Knospenlage dachig. Staubgefässe im Grunde des Perigons eingefügt, wie dieses in den Zahlenverhältnissen schwankend, Antheren zweifächerig, der Länge nach sich öffnend. Fruchtknoten frei, ein- oder zweifächerig, mit zwei Griffeln, sehr entwickelten Narben und in jedem Fache ein, meist anatropes, Eichen. Frucht eine einsamige Flügelfrucht, Nuss oder Steinfrucht. Samen mit spärlichem oder ohne Eiweiss.

Verbreitung: Meist in den nördlichen Regionen, weniger in tropischen.

Eigenschaften: Die Ulmen haben in den Rinden adstringirende und schleimig-bittere Bestandtheile.

1. Ulmideae Planch. Flügelfrucht oder Nuss. Same eiweisslos mit geradem Keim und flachen Keimblättern.

Ulmus Tourn., Ulme, Rüster. Perigon glockig, meist fünftheilig; Staubgefässe fünf; Flügelfrucht rundlich, zusammengedrückt. Die Ulmen blühen lange vor der Entwicklung der Blätter.

U. campestris L., gemeine Ulme, Feldrüster. Blüthen beinahe sitzend, Früchte kahl. Rinde bald glatt, bald korkig-verdickt, Korkrüster. Sehr werthvolles Nutzholz.

U. effusa Willd., schwarze Ulme, Stielrüster. Blüthen langgestielt; Früchte behaart. Beide in Wäldern. Medicinisch wird der Bast der jüngeren Aeste beider Arten angewendet, Cortex Ulmi (interior).

2. Celtideae Planch. Steinfrucht. Same mit meist geringem Eiweiss; Keim gekrümmt mit zusammengefalteten Keimblättern.

Celtis L., Zürgelbaum. Kelch fünftheilig; Staubgefässe fünf; Griffel zwei; Steinfrucht einsamig.

C. australis L. Südeuropa, Nordafrika.

C. occidentalis L. Nordamerika. Das feste, zähe Holz beider wird technisch verarbeitet.

Juglandeae DC.

§. 206. Bäume mit abwechselnden, gefiederten, aromatischen, nebenblattlosen Blättern, grünlichen, unscheinbaren, monoecischen Blüthen. Männliche Blüthen in seitenständigen, hängenden, gedrungenen, cylindrischen, sehr hinfälligen Kätzchen; Perigon zwei- bis sechstheilig, in der Knospenlage dachig und mit Deckblättchen verwachsen. Staubgefässe meist zahlreich, mit zweifächerigen, in Längsspalten aufspringenden Antheren. Weibliche Blüthen einzeln oder wenige an den Enden der Zweige, mit vierlappigem, hüllenlosem, oder mit einer drei- bis fünfzähnigen Hülle

versehenem und mit derselben verwachsenem Perigon. Fruchtknoten einfächerig, aus zwei Fruchtblättern gebildet, mit stark entwickelten lappigen Narben und einem sitzenden, aufrechten Eichen. Steinfrucht mit verschieden aufspringendem Mesocarpium, zweiklappigem Stein, eiweisslosem Samen, mit buchtig-faltigen, fleischigen Samenlappen und kleinem Würzelchen.

Verbreitung: Unser cultivirter Wallnussbaum stammt aus Persien; die übrigen Arten gehören meistens Nordamerika an.

Eigenschaften: Die Juglandeae enthalten sehr viel Gerbstoff, etwas Bitterstoff und harzig-aromatische Säfte. Die Samenlappen geben 40—70% vorzügliches, fettes Oel.

Juglans L., Wallnussbaum.

J. regia L., gemeiner Nussbaum. Blätter unpaarig-gefiedert, Blättchen eirund, gesägt, kahl; Steinfrucht kugelig, kahl, fleischig, das Mesocarpium unregelmässig zerreissend. Baum von 40—70' Höhe mit gefächertem Marke in den Zweigen. Officinell. 1) Medicinisch: Die unreifen Früchte als Nuces Juglandis immaturae, die grüne Schale (das Epi- und Mesocarpium) der reifen Nüsse als Cortex Nucis Juglandis viridis s. Putamina Nucum Juglandium, das Oel der reifen Samen als Oleum Nucum Juglandium, und die Blätter, Folia Juglandis regiae. 2) Technisch: Die Schalen zum Braunfärben, das Holz zu Tischlerarbeiten. Ebenso das Holz von J. nigra und cinerea L. in Nordamerika. Carya Nutt. mit vierklappig aufspringendem Mesocarpium. C. alba, sulcata Nutt. u. a. Hickory-Holz in Nordamerika.

Cupuliferae Rich.

§. 207. Ansehnliche Bäume oder Sträucher mit abwechselnden, einfachen, am Rande sehr variabeln, einjährigen oder ausdauernden, mit hinfälligen Nebenblättern versehenen Blättern. Blüthen monoecisch. Männliche Blüthen in Kätzchen; Perigon fünf- bis achtspaltig oder hier und da sehr verkümmert, grünlich, mit acht bis zwölf an demselben befestigten Staubgefässen und zweifächerigen, mit Längsspalte sich öffnenden Antheren. Weibliche Blüthen einzeln, zu zwei und drei oder ährig und knäulförmig verbunden, von dachziegeligen, mehr oder weniger verwachsenen Deckblättern umgeben, welche, sich vergrössernd, bei der Fruchtreife eine sogenannte Becherhülle (cupula) bilden. Weibliches Perigon dem Fruchtknoten angewachsen, sehr unscheinbar, meist nur ein gezähnelter oder gelappter Saum. Fruchtknoten drei- bis sechsfächerig, mit je zwei, an wandständigen Samenträgern sitzenden, anatropen Eichen und drei bis sechs Narben. Frucht eine lederartige oder holzige Nuss, stets durch Fehlschlagen einfächerig, einsamig, entweder theilweise oder gänzlich von der Becherhülle umgeben. Samen eiweisslos mit geradem Keim.

Verbreitung: Unsere Laubholzwaldungen bestehen zum grösseren Theil aus Repräsentanten dieser Familie, ebenso haben Nordamerika und die höher gelegenen Gegenden des mittleren Asiens und Südamerikas ihre specifischen Arten.

Eigenschaften: Gerbstoffe sehr reichlich, Farbstoffe, selten, in der Rinde; Stärkemehl oder statt dessen fettes Oel in den Samen. Meist sehr wichtige Bauhölzer.

a) Männliche Blüthen mit Perigon; Staubfäden ungetheilt, Antheren ohne Haarbüschel. Weibliche Blüthe von einer ächten Cupula umgeben.

Fagus L., Buche. Männliche Blüthen in kugeligen, hängenden Kätzchen, deckblattlos, Perigon glockig; Staubgefässe zehn bis funfzehn. Weibliche Blüthen paarweise in verlängerten Aehren; Fruchtknoten dreifächerig; Nüsse ein bis zwei, dreikantig, von der vierklappig aufspringenden, weichstacheligen Hülle vollständig eingeschlossen. Keimblätter über den Boden sich erhebend.

F. sylvatica L., gemeine oder Rothbuche. In Wäldern; als Brenn- und Werkholz geschätzt. Früher waren die Früchte als Bucheckern oder Bücheln, Nuces Fagi, wegen ihres Oelgehaltes officinell. Sie liefern Brenn- und Speiseöl.

Castanea Tournef., Kastanie. Männliche Blüthen knäulartig in verlängerten Kätzchen; Perigon fünf- bis sechstheilig; Staubgefässe zehn bis zwanzig. Weibliche Blüthen drei bis fünf in achselständigen Köpfchen. Fruchtknoten sechsfächerig; Nüsse ein bis drei, von der zuletzt aufspringenden Hülle vollständig eingeschlossen. Keimblätter im Boden verbleibend.

C. vesca Gaert. (C. vulgaris Tournef.), zahmer Kastanienbaum. Die Früchte, Kastanien, Marronen, dienen als Nahrungsmittel und zur Mehlbereitung. Brenn- und Werkholz. Im Orient und Südeuropa; in Deutschland gleiche Verbreitung wie der Weinstock.

Quercus L., Eiche. Männliche Blüthen in schlaffen, hängenden Kätzchen, einzeln, deckblattlos; Perigon fünf- bis neuntheilig; Staubgefässe fünf bis neun; weibliche Blüthen einzeln, von dachigen Deckblättern umgeben, welche später zur Becherhülle auswachsen; Fruchtknoten dreifächerig; Nüsse eirund, nur am Grunde von der lederartigen Hülle umgeben.

Q. pedunculata Ehrh., Stiel-Eiche, Sommereiche. Blätter beinahe sitzend, buchtig, stumpflappig; weibliche Blüthen und Früchte mehr oder weniger langgestielt.

Q. sessiliflora Sm., Wintereiche, Steineiche. Blätter gestielt, buchtig, verkehrt-eiförmig; weibliche Blüthen und Früchte sitzend

oder sehr kurz gestielt. — Von beiden Arten werden medicinisch und technisch verwendet: Cortex Quercus, Eichenrinde, die Samen als Glandes Quercus s. Nuces quernae, Eicheln. Hauptbestandtheile sind: Gallus- und Gerbsäure (Tannin), ein krystallinischer Bitterstoff (Quercin). Die von einer Gallwespe (Cynips Quercus calicis) besonders im Süden auf den Fruchtstielen und Becherhüllen erzeugten Auswüchse bilden einen Theil der Knoppern des Handels (Gallae tuberosae).

Q. Cerris L., Zerreiche. Blätter buchtig mit zugespitzten, weichstachlichen Lappen. Schuppen der Becherhülle pfriemlich verlängert. In Südeuropa, dem Orient. Die auf diesem Baume durch den Stich von Cynips Hayniana Ratzeb. entstehenden Gallae werden als französische und istrische bezeichnet.

Q. infectoria Olliv., Galläpfeleiche. Kleinasien, Syrien und Persien. Die durch den Stich einer Gallwespe (Cynips Quercus infectoriae Nees.) an den jüngeren Zweigen hervorgebrachte beste Sorte von Galläpfeln, Gallae orientales s. levanticae s turcicae, werden medicinisch und technisch angewendet.

Q. Suber L., Korkeiche. Mit immergrünen, länglich-ovalen stachelspitzig gezähnten, oberseits glänzenden, unterseits filzigen Blättern. Südeuropa, Orient, Nordafrika. Der grössere Theil der Rinde älterer Bäume wird als Kork oder Pantoffelholz, Cortex Suberis s. Suber, zu wiederholten Malen abgeschält.

Q. Aegilops L., Knoppereiche, Valoneneiche. Südeuropa und Orient. Die grossen Fruchtbecher kommen im Handel als Valonen oder orientalische und levantische Knoppern vor.

Q. tinctoria L., Färbereiche. Nordamerika. Das geraspelte oder gemahlene Holz, Quercitron, zum Gelbfärben.

b) Männliche Blüthen ohne Perigon; Staubfäden gespalten; Antherenfächer getrennt, auf jeder Antherenhälfte ein Haarbüschel. Weibliche Blüthen statt der Cupula mit einer blattartigen Hülle versehen.

Corylus Tournef., Haselnuss. Männliche Blüthen in gedrungenen, walzenförmigen, aus dachziegelig sich deckenden Schuppen gebildeten Kätzchen; Staubgefässe acht, von zwei bis drei Deckblättern umgeben. Weibliche Blüthen ein bis zwei an der Spitze einer Knospe; Fruchtknoten zweifächerig, mit zwei fädlichen rothen Narben; Nuss oval, am Grunde von einer blattartigen, zerschlitzten Hülle umgeben.

C. Avellana L., Haselstrauch. In Wäldern und Hecken. Die Haselnüsse, Nuces Avellanae, waren früher officinell. Sie liefern vorzügliches Oel.

Carpinus L., Hainbuche. Männliche Blüthen in walzenförmigen, Kätzchen; Staubgefässe zahlreich, von einem Deckblatt umgeben. Weibliche Kätzchen paarweise mit hinfälligen Deckblättern; Nuss oval, kantig-gestreift, von einer dreilappigen Hülle umgeben.

C. Betulus L., Weissbuche, Hagenbuche. In Wäldern und Hecken. Das sehr harte Holz ist vorzüglich als Brenn- und Werkholz.

Betulineae Rich.

§. 208. Bäume oder Sträucher mit abwechselnden, einfachen Blättern und hinfälligen Nebenblättern. Blüthen monoecisch, in Kätzchen, mit schuppenförmigen, von kleineren Deckblättchen begleiteten Deckblättern. Blüthenhülle viertheilig, schuppenförmig oder fehlend. Staubgefässe vier, eigentlich nur zwei, indem die Staubfäden gespalten, die Antherenfächer getrennt sind. Nuss einsamig. Samen eiweisslos. Keim gerade.

Verbreitung: Aechte nordische Pflanzen der gemässigten und kalten Zone Europas, Asiens und Nordamerikas, die Grenze der Baumvegetation unserer Hochgebirge und der arktischen Regionen bildend. Häufig in grösseren Beständen.

Eigenschaften: Adstringirende und bittere Stoffe walten vor, ausserdem finden sich noch harzige balsamische Bestandtheile.

Betula L., Birke. Männliche Kätzchen hängend, mit schildförmigen Deckblättern, jedes Deckblatt mit zwei kleineren Deckblättchen und drei Blüthen; Perigon schuppenförmig, am Grunde mit vier Staubfäden; Antheren getrennt, einfächerig; weibliche Kätzchen mit dreilappigen, dachigen, abfallenden Deckblättern; Fruchtknoten drei unter jedem Deckblatt; Narben zwei, fadenförmig; Nuss geflügelt.

B. alba L., Weissbirke. Vereinzelt und ganze Waldungen bildend; durch die sich abblätternde weisse Korkschicht der Rinde ausgezeichnet. Cortex et folia Betulae waren früher officinell, ebenso der Birkensaft, Succus Betulae. In Polen und Russland bereitet man durch einen Schwelungsprocess aus der Rinde das Oleum Rusci s. Pix liquida betulina, Birkentheer, welcher dem russischen Juchtenleder den bekannten Geruch giebt.

Alnus Tournef., Erle. Männliche Kätzchen hängend, mit schildförmigen Deckblättern, jedes Deckblatt mit fünf kleinen Deckblättchen und ein bis drei Blüthen; Perigon viertheilig; Staubfäden vier, mit getrennten, zweifächerigen Antheren; weibliche Kätzchen mit dachigen, verholzenden, bleibenden Deckblättern, zuletzt zapfenartig; Fruchtknoten zwei unter jedem Deckblatt; Narben zwei, fadenförmig; Nuss geflügelt oder ungeflügelt. Laubknospen gestielt.

A. glutinosa Gaertn., gemeine oder schwarze Erle, Eller. Rinde braun, Blätter in der Jugend klebrig, kahl, stumpf, variiren mit verschieden tiefen Einschnitten. In feuchten Wäldern, an Flüssen und Bächen. Cortex et Folia Alni waren früher officinell.

Salicineae Rich.

§. 209. Meist strauchartige, zuweilen ansehnliche Bäume mit abwechselnden, einfachen Blättern und hinfälligen Nebenblättern.

Blüthen kätzchenartig, dioecisch, in den Winkeln dachziegelig gestellter, meist zottiger oder gewimperter Deckblätter. Perigon fehlend oder als Ersatz, bei einigen Weidenarten, ein bis zwei, hier und da am Grunde verbreiterte, Drüsen oder, bei der Pappel, eine napfförmige, Honigsaft absondernde Scheibe. Staubgefässe dem Blüthenboden eingefügt, zwei bis dreissig, frei oder mehr oder weniger mit einander verwachsen. Antheren zweifächerig, der Länge nach aufspringend. Fruchtknoten frei, einfächerig, aus zwei Fruchtblättern gebildet, mit einem Griffel und zwei, zuweilen eigenthümlich erweiterten oder verzweigten, Narben. Die zahlreichen wandständigen Samenknospen befinden sich in einer einfächerigen, zweiklappigen Kapsel und sind von der als seidenartige Wolle auswachsenden Nabelschnur mehr oder minder eingehüllt. Samen aufrecht, eiweisslos, mit geradem Keim.

Vorkommen: In dieser Beziehung sind sie mit der vorhergehenden Familie verwandt, indem sie fast ausschliesslich in der nördlich gemässigten und kalten Zone, auf den höheren Alpen, an der Schneegrenze, die letzten Spuren der phanerogamischen Vegetation darstellend, vorkommen. In den Niederungen lieben sie feuchte Stellen und besetzen daher so häufig die Ufer unserer Bäche und Flüsse.

Eigenschaften: Hauptsächlich sind es adstringirende Bestandtheile. In den Rinden vieler Weiden ist das bittere Glycosid Salicin; die Knospen der Pappeln secerniren einen aromatisch-harzigen Stoff, ebenso die Blattränder und Nebenblätter mancher Weidenarten. In Folge ihrer leichten und weithin reichenden Bewurzelung finden die Weiden vielfache Verwendung bei Dämmen und Uferbauten, um den Boden zu befestigen.

Salix L., Weide. Deckblätter der Kätzchen ungetheilt; Staubgefässe in jeder Blüthe zwei bis fünf; Fruchtknoten am Grunde mit einer oder zwei Drüsen.

a) Salices Fragiles Koch. Kätzchen auf beblätterten Stielen, mit den Blättern sich entwickelnd; Deckblätter der weiblichen Kätzchen gelbgrün, vor der Reife abfallend. Aeste leicht abbrechend. Mit grünlichweissem, trocken bräunlichem Bast und vorwaltendem Gerbstoff.

S. pentandra L., Lorbeerweide. Blätter breit, eiförmig-elliptisch, kahl, fein gesägt, glänzend; Nebenblätter eiförmig-länglich, gleichseitig, gerade. Staubgefässe fünf bis zehn. Im nördlichen Europa.

S. fragilis L., Bruch-, Knack-Weide. Blätter lanzettlich, lang zugespitzt, entwickelt kahl, drüsig-gesägt; Nebenblätter nierenförmig; Staubgefässe zwei; Kapseln langgestielt. An Ufern und feuchten Or-

ten. Sie liefert die rothen Bandweiden. β) Russeliana mit feinen, seidenhaarigen Blättern.

S. alba L., Silberweide. Blätter schmal lanzettlich, zugespitzt, beiderseits. weissseidenhaarig; Nebenblätter lanzettlich; Staubgefässe zwei; Kapseln fast sitzend.

β) vitellina L., Dotterweide, ist eine S. alba mit dottergelben oder rothgelben, ruthenförmigen und biegsameren Zweigen und endlich oft fast kahlen Blättern. Beide an Ufern und Thalwiesen; besonders zu Korbflechten geeignet.

b) Salices Purpureae Koch. Kätzchen vor den Blättern sich entwickelnd, sitzend; Deckblätter an der Spitze schwarzrandig; Antheren purpurroth, nach dem Verblühen schwärzlich; Kapseln sitzend oder sehr kurz gestielt. Mit trocken goldgelbem Baste und vorwaltendem Salicin.

S. purpurea L., Bachweide, Purpurweide. Blätter lanzettlich, spitz, oben etwas breiter, fein gesägt, unter- oder beiderseits bläulichgrün. Nebenblätter sehr hinfällig oder fehlend; Staubgefässe zwei, bis an die Spitze verwachsen; Griffel kurz mit eiförmigen Narben. An Flussufern, Bächen, in feuchtem Gebüsch.

S. rubra Huds., rothe Weide. Blätter schmal lanzettlich, spitz, etwas drüsig-gesägt, unterseits seidenhaarig oder fast kahl, Nebenblätter lineal; Staubgefässe zwei, bis zur Hälfte verwachsen; Griffel verlängert, mit fadenförmigen, rothen Narben. Vereinzelt an Flussufern und in feuchtem Gebüsch.

Von allen diesen und vielleicht noch anderen, beigemengten, Arten kommt die officinelle Rinde, Cortex Salicis, im Handel vor; doch verdient die der Salices purpureae, wegen grösseren Gehaltes an wirksamen Bestandtheilen, den Vorzug.

Populus L., Pappel. Deckblätter der Kätzchen eingeschnitten; Staubgefässe acht bis viele, wie die Fruchtknoten am Grunde mit becherförmiger Scheibe.

a) Knospen nicht klebrig; Deckblätter mehr oder weniger gewimpert; Staubgefässe acht.

P. alba L., Silberpappel. Zweige und Unterseite der Blätter weissfilzig. Knospen filzig.

P. tremula L., Zitterpappel, Espe. Zweige, Blätter und Knospen kahl.

b) Knospen klebrig; Deckblätter nicht gewimpert; Staubgefässe zwölf bis dreissig.

P. nigra L., Schwarzpappel. Aeste nach allen Richtungen ausgebreitet.

P. pyramidalis Rosier. (P. dilatata Aiton), italienische Pappel. Aeste aufrecht.

Die frischen aromatischen Knospen der beiden letzten Arten finden als Gemmae Populi, des ätherischen Oeles und Harzes wegen, arzneiliche Verwendung.

Piperaceae Rich.

§. 210. Sträucher oder Kräuter mit knotig gegliederten, oft kriechenden oder klimmenden, fleischigen Stengeln mit zerstreuten, gegenständigen oder wirteligen, einfachen, ganzrandigen, netzaderigen Blättern und scheidenartigen Nebenblättern. Blüthen meist dicht gedrängt an einem stielrunden Kolben oder in Trauben, unscheinbar, achselständig oder dem Blatte gegenüber, hermaphroditisch oder diclinisch, von Deckblättern unterstützt, ohne Blüthendecken. Staubgefässe zwei oder mehr, mit zweifächerigen, der Länge nach aufspringenden Antheren. Fruchtknoten frei, sitzend, einfächerig, mit einem aufrechten, geradläufigen Eichen und zwei- bis sechslappiger oder pinselförmiger Narbe. Frucht eine fleischige oder steinfruchtartige Beere. Same sehr reich an stärkemehlhaltigem Eiweiss (Endosperm und Perisperm). Embryo sehr klein, in dem von Endosperm erfüllten Embryosack, an der Spitze des Samens.

Verbreitung: In der subtropischen und tropischen Zone, in den feucht-heissen Urwäldern Südamerikas, Asiens, der Südseeinseln; wenig in Neuholland; in Europa demgemäss gänzlich fehlend.

Eigenschaften: Die Pfefferarten als Gewürzpflanzen, mit ihrer bekannten brennenden Schärfe, sind seit den ältesten Zeiten schon bekannt. Sie enthalten ätherische Oele, aromatische und selbst narkotische Stoffe, eine krystallinische Substanz, das Piperin. Wegen der bei einigen Arten vorkommenden zerstreuten Gefässbündel kann man sie mit Recht als die vermittelnde Pflanzenfamilie zwischen den dicotyledonischen und monocotyledonischen Pflanzen ansehen.

Piper L., Pfeffer. Blüthenkolben meist den Blättern gegenüber; Blüthen zwitterig mit dachziegelförmigen Deckblättern; Staubgefässe zwei; Griffel drei mit abstehenden Narben; Beeren rundlich, sitzend, einsamig.

P. nigrum L., schwarzer und weisser Pfeffer. Kletterstrauch mit herzförmig-elliptischen, lederartigen, fünf- bis siebennervigen Blättern, in Ostindien, besonders der Malabar-Küste wild, gegenwärtig im tropischen Asien, auf den Mascarenen, und im tropischen Amerika cultivirt. Die runden Beeren sitzen zu zwanzig bis dreissig ziemlich locker an langen, herabhängenden Kolben. Man sammelt sie unreif und trocknet sie rasch an der Sonne oder künstlich, wodurch sie eine braune oder schwarze Farbe annehmen, Piper nigrum. — Auch die reifen von der Fruchthülle befreiten Beeren bilden Handels- und Arzneiwaare, Piper album.

P. methysticum Forst. (Macropiper methysticum Miq.) Die Wurzel, Radix Avae, narkotisch scharf, dient zur Bereitung eines berauschenden Getränkes, Ava, bei den Südsee-Insulanern.

Chavica Miq., **Langer Pfeffer.** Fruchtstände einzeln, blattgegenständig; Blüthen dioecisch; Staubgefässe zwei, gegenüber den kurzen Stielchen der schildförmigen Bracteen; Narbe zwei- bis sechstheilig. Jeder Kolben besteht aus zahlreichen, langen, verkehrt-eiförmigen, einsamigen, beerenartigen Früchtchen, welche von kleinen, eiförmigen, eingeschrumpften Deckblättchen gestützt, spiralförmig an der theilweise hohlen Kolbenspindel angeordnet sitzen.

Ch. officinarum Miq. (Piper longum Rumph.) und Ch. Roxburghii Miq. auf den Philippinen, den Sundainseln, in Bengalen und Nepal wild, besonders aber an den Küsten Javas cultivirt, liefern den hier und da noch medicinisch angewendeten Piper longum.
Ch. Betle Miq. (Piper Betle L.), Betelpfeffer. In Ostindien, häufig cultivirt. Die Blätter werden mit den Nüssen von Areca Catechu, der sogenannten Betelnuss, allgemein als aufregendes, berauschendes Mittel gebaut.

Cubeba Miq. **Cubebenpfeffer.** Blüthenkolben dioecisch, blattgegenständig, einzeln; Bracteen bei den männlichen Blüthen schildförmig, bei den weiblichen dachziegelförmig; Fruchtknoten sitzend, mit drei- bis vierlappiger Narbe. Beeren mit stielförmig verlängerter Basis.

C. officinalis Miq. (Piper Cubeba L.) Ein dioecischer Kletterstrauch, welcher wild im westlichen Theile Javas vorkommt und in den niedrig gelegenen Theilen dieser Insel im Grossen gebaut wird. Die vor der Reife gesammelten und getrockneten Früchte haben einen stark gewürzhaften, kampferartigen Geruch und Geschmack und enthalten ätherisches Oel mit Cubebenkampfer, einen krystallisirenden indifferenten Körper, das Cubebin, und als therapeutisch wirksamen Bestandtheil die Cubebensäure. Officinell sind die Beeren, Baccae Cubebae, Piper caudatum.
Die Früchte von C. canina Miq. sind kleiner, kaum runzlig. Die von C. anisatum Humb. et Bonpl. sind grösser und weniger tief und regelmässig runzlig. Beide kommen als unzulässige Beisorten der ächten Cubeben vor.
Aus der Familie der Piperaceen wären schliesslich noch die Folia Matico zu erwähnen. Mit diesem Namen belegen die Bewohner von Central- und Südamerika verschiedene, namentlich als blutstillende Mittel in Gebrauch stehende, Kräuter. Was davon zu uns gelangt, stammt wohl von Artanthe elongata Miq., einem auf den Anden von Chile und Peru einheimischen Strauche, und in neuerer Zeit kommen auch die Blätter von Artanthe adunca Miq., im tropischen Amerika im Handel vor. Als wirksamen Bestandtheil enthält das Matico-Kraut Harz und ätherisches Oel neben Gerbstoff.

2. *Klasse. Monocotyledones. Einsamenlappige.*

Auf dem Querschnitte der verschiedenen stammartigen Gebilde sucht man vergebens die concentrischen Jahresringe mit den sie durchsetzenden Markstrahlen; die Gefässbündel sind vielmehr zerstreut, an der Peripherie dichter, einem, dem Marke der Dicotylen ähnlichen, parenchymatischen Gewebe eingebettet. Die so häufig mit Scheidenbildung versehenen und dann stiellosen Blätter sind in der weitaus grösseren Mehrzahl parallel- oder bogennervig. Blüthen meist dreizählig. Die Blüthendecken, wenn auch in zwei Blattkreisen vorhanden, scheiden sich selten in Kelch- und Blumenkrone, sondern sind perigonartig oder abortiren gänzlich. Samen vorwiegend eiweisshaltig; Keim mit einem scheidenartigen Cotyledon. Das Würzelchen entwickelt sich selten zu einer Hauptwurzel; an deren Stelle brechen ringsum zahlreiche Nebenwurzeln hervor, die die Befestigung und Ernährung übernehmen.

Erste Gruppe. Spadiciflorae. Kolbenblüthige.

Die kleinen, hermaphroditischen oder häufig eingeschlechtigen Blüthen sitzen an einem mehr oder weniger fleischigen Kolben (spadix), der entweder nackt oder von einer häutigen Scheide umgeben ist. Perigon theils sechsgliederig, fast kelchartig, theils sehr rudimentär oder fehlend. Fruchtknoten frei, getrennt oder verbunden, ein- bis mehrfächerig. Frucht steinfrucht- oder beerenartig mit eiweisshaltigen Samen.

Palmae L.

§. 211. Bäume oder strauchartige Gewächse mit büscheligen Nebenwurzeln. Stamm einfach, seltener verästelt, aufrecht, kriechend, klimmend oder auch sehr verkürzt, walzenförmig, hier und da in der Mitte angeschwollen und dann von ansehnlichem Umfang, oder röhrenartig und schlank, mit den ringförmigen Narben

der Blätter oder den Blattstielresten besetzt. Blätter in der Knospe gefaltet, meist büschelig, das Stammende einnehmend, fieder- oder fächerförmig, mit stengelumfassenden Blattstielen. Blüthenstände meist verzweigt, kolbenartig, mit zahlreichen, unscheinbaren, hermaphroditischen oder diclinischen, freien oder eingesenkten Blüthchen, und oft von einer gemeinschaftlichen lederartigen Scheide umgeben. Perigon doppelt, unterständig, meist kelchartig; jeder Kreis dreiblätterig, der innere unten verwachsen. Staubgefässe auf einer Scheibe oder am Perigon sitzend, drei, sechs oder mehr, hier und da monadelphisch, mit zweifächerigen, der Länge nach aufspringenden Staubbeuteln. Fruchtknoten oberständig, ein-, zwei- oder dreiblätterig, getrennt bleibend oder ein- bis dreifächerig werdend, mit meist je einer aufrechten Samenknospe in den Fächern. Frucht durch die unvollständige Verwachsung der Fruchtblätter dreilappig, bei vollständiger Verwachsung ein- bis dreifächerig, ein- bis dreisamig, nuss-, beeren- oder steinfruchtartig, mit verschieden entwickeltem Endocarpium. Samen mit der Fruchthülle gewöhnlich verwachsen, sehr eiweisshaltig. Das anfangs milchige, flüssige Eiweiss wird später fest, knorpelig oder hornartig, und birgt seitlich an der Spitze oder dem Grunde in einer Vertiefung den kleinen geraden, kegelförmigen Embryo.

Verbreitung: Die Palmen gehören fast ausschliesslich der tropischen Zone an, nur wenigen genügt das Klima der Mittelmeerregion. Ihren Hauptverbreitungsbezirk finden sie in Brasilien und einem Theile der Südseeinseln, ohne deswegen in Asien, Afrika und Neuholland zu fehlen.

Eigenschaften: Was die Getreidearten in den gemässigten Länderstrichen dem Menschen bieten, das geben die Palmen in den Tropen; sie sind somit eine der nutzbringendsten Familien in diätetischer und ökonomischer Beziehung. Mehl, Zucker, Wachs, Oel, gegohrene, alkoholische Flüssigkeiten, essbare Früchte, harzartige oder adstringirende Stoffe, Bauholz, Fasern zu Flechtwerk und Gespinnsten, kurz, die mannigfaltigsten Stoffe liefern diese in medicinischer Beziehung wenig wichtigen Pflanzen.

1. Arecinae. Fruchtknoten dreifächerig, Früchte einsamig, beerenartig.

Areca L., Arecapalme. Blüthenkolben oben männliche, unten weibliche Blüthen tragend; Perigon der männlichen Blüthen aus zwei Wirteln bestehend, mit sechs bis neun Staubgefässen, das der weiblichen sechstheilig, mit dreifächerigem, von sechs Staminodien umgebenem Fruchtknoten und drei sitzenden Narben; Frucht eine einsamige

Beere, Embryo im Grunde des braun- und weissmarmorirten Eiweisses.

A. Catechu L. Diese baumartige Palme trägt eiförmige, faserige Früchte, deren Samen, die sogenannten Areca-Nüsse, mit Piper Betle, als Kaumittel dienen und durch Auskochen das Palmencatechu liefern. Auf den Sunda-Inseln einheimisch, durch ganz Ostindien cultivirt. Aehnliche Verwendung finden noch die Samen anderer Areca-Arten.

Caryota urens L. In Malabar und Bengalen. Die 18—20′ langen Blätter liefern sehr zähe Fasern, Kittul, als Ersatz für Rosshaare. Die zuckerhaltigen Säfte dienen zur Weinbereitung, das Mark wird zu Sago verarbeitet.

Arenga saccharifera Lobill., Zuckerpalme. Sunda-Inseln. Liefert Palmwein, Toddy, und Palmzucker.

Ceroxylon andicola H. et B., Wachspalme. Cordilleren. Liefert Palmwachs, das oft bis zu 25 Pfd. aus einem Stamme ausschwitzt und zu Kerzen verarbeitet wird.

2. Lepidorarynae. Fruchtknoten dreifächerig; Frucht einsamig, beerenartig, mit schachbrettartiger, schuppiger Schale.

Metroxylon Koenig., Sagopalme. Blüthenkolben mit männlichen und weiblichen Blüthen. Erstere aus sechs am Grunde verwachsenen Staubgefässen, letztere aus einem dreifächerigen Fruchtknoten bestehend, der scheidenartig von den verwachsenen Staminodien umgeben ist und drei Narben besitzt.

M. Sagus (Rumphii), M. laeve Koenig. und M. (Sagus) fariniferum Lam. Bäume in Ostindien und Polynesien, deren Mark die beste Sorte Sago, ostindischen Perlsago, liefert. Ebenso stammt hiervon das Sago-Arrowroot, Amylum Sagi s. Palmarum des Handels.

Calamus L., Rottang. Blüthenkolben ästig, mit dioecischen und polygamischen Blüthen und doppeltem Perigon. Männliche Blüthen mit sechs, am Grunde monadelphischen, Staubfäden und aufliegenden Antheren. Weibliche Blüthen mit dreifächerigem, von sechs verwachsenen Staminodien umgebenem Fruchtknoten und vielen Narben. Frucht eine einsamige Beere, mit rückwärts gerichteten, dachziegeligen Schuppen. Sameneiweiss knorpelig, aussen marmorirt.

C. Draco Willd., Drachenblutpalme. Sumatra, malayische Inseln. Stamm klimmend, gegliedert. Die Früchte secerniren eine Art Drachenblut, Sanguis Draconis, Farbstoff mit Harz verbunden, Benzoësäure.

C. Rotang L., C. viminalis Willd. u. a. liefern das spanische oder Stuhlrohr.

Raphia-Arten, besonders R. vinifera Beauv., ferner Mauritia flexuosa L. und M. vinifera Mart. in Südamerika, mit Stämmen bis zu 150′ Höhe und Blattstielen von 10′ Länge, liefern sagoartiges

Stärkemehl, Palmwein, Palmkohl und in den Blättern Material zu Hausgeräthen und Flechtwerken der Eingeborenen.

3. Borassinae. Fruchtknoten dreifächerig; Beere oder Steinfrucht dreisamig.

Borassus L., Fächerpalme. Fruchtkolben verästelt mit dioecischen Blüthen. Die männlichen Blüthen zu zehn bis zwölf gedrängt in schuppenförmigen Scheiden, mit doppeltem Perigon und sechs Staubgefässen. Die weiblichen Blüthen einzeln zwischen den Hochblättern, mit kelchartigem, dreiblättrigem, äusserem Perigon und sechs- bis neunblättrigem, dachziegeligem, innerem, dreifächerigem Fruchtknoten und drei sitzenden Narben.

B. flabelliformis L., Palmyrapalme. Ostindien. Stamm meist in der Mitte verdickt. Liefert fast alle Producte, wodurch die Palmen überhaupt ausgezeichnet sind: Palmzucker, Palmwein, Palmsago, essbare Früchte, Bast und geschätztes Nutz- und Bauholz.
Lodoïcea Sechellarum Lobell., Maledivische Nuss. Die 40 bis 50 Pfd. schweren Früchte sind die grössten im Pflanzenreiche; ihre Fruchtschalen dienen als Trinkgeschirre.
Hyphaene thebaica Mart., Doompalme. Im nordöstlichen und Central-Afrika. Das saftige Mesocarpium der Steinfrüchte ist geniessbar, auch leitete man das obsolete Gummi Bdellium aegyptiacum davon ab.

4. Coryphinae. Fruchtknoten durch Abortus einfächerig; Frucht beeren- oder steinfruchtartig, einsamig.

Phoenix L., Dattelpalme. Blüthen dioecisch, männliche und weibliche mit doppeltem Perigon, drei oder mehr Staubgefässen, drei Fruchtknoten, von denen nur einer fertil ist; Frucht eine fleischige, einsamige Beere; Embryo im Rücken des hornartigen Eiweisses des mit einer Längsfurche versehenen Samens.

P. dactylifera L. In Nordafrika einheimisch und daselbst, sowie in Südeuropa, besonders Spanien, und Südwestasien häufig angepflanzt. Der 40–50' hohe Baum, dessen Stamm als Bauholz benutzt wird, liefert die für den Araber unentbehrlichen, officinellen, zucker- und mehlreichen Früchte, Dactyli, Datteln.
Copernicca cerifera Mart. in Brasilien, liefert das auf den Blättern sich ausscheidende Carnauba-Wachs.
Mehrere Corypha- und Livingstonia-Arten geben Palmkohl etc.
Sabal mexicana Mart. und S. Palmetto Lodd. haben vorzüglichen Bast und gelten als gutes Schiffsbauholz.
Chamaerops humilis L., Zwergpalme. Die einzige in Europa, am Mittelmeer, wildwachsende Palme mit sehr verkürztem Stamm.

5. Cocoinae: Fruchtknoten dreifächerig; Steinfrucht mit einem, ölreichen, Samen.

Cocos L, Cocospalme. Blüthen monoecisch, auf gemein-

samem Blüthenkolben mit einfacher Scheide. Männliche Blüthe mit sechsblättrigem, zweiwirteligem Perigon und sechs um einen rudimentären Fruchtknoten gestellten Staubgefässen. Weibliche Blüthe mit dreifächerigem Fruchtknoten und drei sitzenden Narben. Frucht trocken faserig, mit einem am Grunde von drei Oeffnungen durchbohrten Steinkern; Eiweiss innen ausgehöhlt, in frischem jungem Zustande mit milchähnlicher Flüssigkeit erfüllt.

C. nucifera L. Kräftiger, glatter, geringelter, 60—100' hoher und bis 2' dicker Stamm mit fiedertheiligen, abstehenden Blättern und ovalen, stumpf dreiseitigen Früchten. Einheimisch auf den Südseeinseln, jetzt durch ganz Ostindien und einen Theil Brasiliens durch Cultur und Meeresströmungen verbreitet. Keine Palme findet eine so vielseitige Verwendung. In erster Linie stehen ihre ölreichen Samen, Cocosnüsse, deren fettes Oel, Oleum Cocois, Cocosnussöl, arzneiliche und technische Verwendung findet, während für die Bewohner der Tropen das noch flüssige Eiweiss, Cocosnussmilch, als kühlendes und nährendes Getränk von Wichtigkeit ist. Die Schalen der Steinfrüchte, das faserige Mesocarpium, werden verschiedentlich verarbeitet: ebenso gewinnt man in den Tropen aus den unentwickelten Blüthenkolben Palmwein, die Laubknospen geben Palmkohl, die Blattgefässbündel das verschiedenste Flechtwerk, die Stämme dauerhaftes Nutzholz.

Elaïs Jacq., Oelpalme. Blüthen einhäusig auf verschiedenen Kolben; Perigon dreiblätterig. Männliche Blüthen mit sechs Staubgefässen, deren Staubfäden becherförmig verwachsen sind; die weiblichen Blüthen sitzen vertieft im Blüthenkolben und bestehen aus einem dreifächerigen, kurzgriffligen Fruchtknoten mit drei Narben. Steinfrucht mit ölhaltigem Mesocarpium; Steinkern mit drei Oeffnungen versehen.

E. guineensis L. Dicker, mit den Blattstielresten reichlich besetzter Stamm, der etwas kantige, nussgrosse Früchte trägt. In Westafrika und in Südamerika angepflanzt. Das gelbe Palmöl des Handels, Oleum Palmae, wird aus dem oben erwähnten Fruchtfleisch gewonnen. Es enthält Palmitin, Margarin, Elaïn und einen flüchtigen Riechstoff.

Attalea funifera Mart. In Südamerika. Die Gefässbündel kommen im Handel als Piassava-Fasern und werden zu Besen und Tauwerk verarbeitet. Die steinharten Nüsse, Coquilla, findet man bei Drechslern.

Als vermittelndes Glied zwischen Palmen und Aroideen wäre die tropische Familie der Pandaneen zu erwähnen, die in die beiden Gruppen der Pandaneae, mit perigonlosen, von ein- oder mehrblättriger, oft gefärbter Scheide umgebenen Blüthen und einfachen Blättern, und der Cyclantheae, mit Perigonblüthen und fiedertheiligen Blättern, zerfällt. Erwähnung verdienen:

Pandanus odoratissimus L. Südliches Asien, Australien. Ausgezeichnet durch die reichliche Luftwurzelbildung, die, von verschiedener Höhe entspringend, den Boden endlich erreichen und die Ernährung und stützende Erhaltung übernehmen.

Carludovica palmata R. et P. Die Bombanaxa der Bewohner von Neugranada, mit verkürztem Stamm, liefert in den Blattstielen das Material zu den sogenannten „Panama-Hüten."

Phytelephas macrocarpa R. et P. Die Elfenbeinpflanze Südamerikas, mit sechs bis sieben einsamigen Steinfrüchten, deren Samen das bis nach Europa kommende vegetabilische Elfenbein (Elfenbeinnuss) darstellt, das in gleicher Weise wie das thierische technische Verwendung findet. Das Sameneiweiss ist knochenhart geworden und erfüllt, mit Ausnahme des kleinen Embryos, den ganzen Samen.

Aroideae Juss.

§. 212. Ausdauernde Kräuter mit horizontalen, kriechenden oder knollenartigen Wurzelstöcken, oder auch mit klimmenden und mit Luftwurzeln versehenen Stämmen. Blätter abwechselnd mit sehr entwickelten Blattscheiden, mitunter eigenthümlich getheilt, vorherrschend netzig-geadert, selten parallelnervig. Blüthenstand endständig, meist von einer ansehnlichen Scheide umgeben. Blüthen klein, auf Kolben vereinigt, entweder monoecisch ohne Perigon, mit einzelnen Staubgefässen und Fruchtknoten, oder zwitterig mit drei- bis fünftheiligem unscheinbarem Perigon, sechs Staubgefässen und einem Fruchtknoten. Fruchtknoten frei, getrennt oder verbunden, ein- bis dreifächerig, in den weiblichen Blüthen meist in grosser Anzahl beisammenstehend, mit oder ohne Griffel und ungetheilter oder dreilappiger Narbe. Samenknospen einzeln oder mehrere, achsen- oder wandständig, ortho- oder anatrop, aufrecht oder hängend. Frucht beerenartig, ein- bis mehrfächerig, ein- bis mehrsamig. Samen fast stets eiweisshaltig mit stielrundem, centralem, und mit einer Längsspalte versehenem Keim.

Vorkommen: Die aus etwa 1000 Arten bestehende Familie gehört weitaus der Mehrzahl nach den Tropen an. Die feuchtwarmen Waldungen Ostindiens, der Südseeinseln und Südamerikas sind ihre Heimath. Die gemässigten Himmelsstriche haben nur wenige aufzuweisen.

Eigenschaften: Scharfe, selbst narkotische, aber dabei flüchtige oder aromatische Bestandtheile in den Knollen oder Wurzelstöcken, und dabei reichliches Stärkemehl, das geröstet als wichtiges Nahrungsmittel dient, zeichnen diese Familie aus. Interessant ist ferner die erhöhte Temperatur zur Blüthezeit innerhalb der Blüthenscheiden, gegenüber der äusseren Atmosphäre.

1. Araceae. Blüthen ohne Perigon. Blüthenkolben von einer

Scheide umgeben, unten mit weiblichen, weiter oben mit männlichen Blüthen besetzt.

Arum L., Arons- oder Zehrwurz. Monoecisch; Kolben an der Spitze nackt, von einer tutenförmigen Scheide umgeben; Fruchtknoten am Grunde des Kolbens, die einzelnen Antheren ohne Staubfäden oberhalb des Fruchtknotens; Beeren einsamig, saftig.

A. maculatum L., Gemeiner Aron. Blätter grundständig, lang gestielt, spiess-pfeilförmig, kahl, glänzend, gefleckt oder ungefleckt, netzaderig; Kolben zwei- bis dreimal kürzer als der Schaft, gerade, über den Staubgefässen von mehreren Reihen fädlicher Auswüchse (verkümmerter Fruchtknoten) umgeben. Wurzelstock knollig, eiförmig (giftig); Beeren dunkelroth.
Officinell ist das knollige Rhizom, Tubera s. Radix Ari s. Aronis, — In frischem Zustand enthält es eine flüchtige, hautröthende Schärfe. getrocknet fast indifferent, mit 65 % Stärkemehl.
A. esculentum L (Colocasia esculenta Schott.) Ostindien und Südsee-Inseln einheimisch, in Westindien und Südamerika cultivirt. Taros-Kalo.
A. Colocasia L. (Coloc. Antiquorum Schott.) In Aegypten und Ostindien einheimisch und daselbst wie auf Madeira cultivirt u. v. a. Xanthosoma edule Schott. In Surinam.
Von allen diesen aufgeführten Arten liefern die stärkemehlreichen Wurzelstöcke nach Entfernung der scharfen, giftigen Eigenschaften durch Kochen ein sehr wichtiges Nahrungsmittel der Eingeborenen.

2. Callaceae. Blüthen zwitterig, bald mit, bald ohne Perigon.

a) Calleae. Gemeinschaftliche Blüthenscheide; Perigon fehlend.

Calla L., Sumpfschlangenkraut. Kolben walzenförmig, mit Pistillen, die von vier bis acht Staubgefässen umgeben sind, bedeckt; Scheide ausgebreitet; Beeren rundlich, einfächerig, drei- bis achtsamig.

C. palustris L. Eine der wenigen nordischen Arten, deren Wurzelstock früher als Radix Dracunculi aquatici s. palustris officinell war und in Lappland heute noch als Nahrungsmittel dient.

b) Orontiaceae. Gemeinschaftliche Blüthenscheide; Perigon schuppenförmig, vier- bis fünfgliedrig. Blätter flach, bald ganz, bald handförmig oder fiederförmig eingeschnitten.

Orontium aquaticum L. Die Samen dieser nordamerikanischen Wasserpflanze dienen gekocht als Speise.

c) Acoreae. Ohne umhüllende Blüthenscheide. Perigon sechsgliedrig, schuppenförmig; Blätter schwertförmig.

Acorus L., Kalmus. Zwitterig, Perigon unterständig; Kolben vollständig mit Blüthen besetzt, endständig, scheinbar seitenständig, weil die schwertförmige Blüthenscheide sehr

verlängert den Blüthenstand überragt; Staubgefässe sechs; Beeren trocken, mehrsamig.

A. Calamus L., Gemeiner Kalmus. Blätter schwertförmig; Schaft blattartig, zweischneidig zusammengedrückt, an der inneren Seite rinnig, den walzenförmigen Kolben überragend. Wurzelstock wagerecht-kriechend, geringelt, aromatisch; Blüthen grünlich-gelb. In Gräben und Teichen; wahrscheinlich aus Asien stammend.
Officinell: Radix Calami aromatici. In Ostindien und China verwendet man in ähnlicher Weise das Rhizom von A. gramineus Ait. als Rad. Acori veri s. asiatici.

Zweite Gruppe. Petaloideae.

Monocotyle Pflanzen mit regelmässigem oder unregelmässigem, aus zwei Kreisen bestehendem Perigon, beide Wirtel blumenblattartig oder der äussere oder beide kelchartig. Blüthen meist hermaphroditisch, selten eingeschlechtig; Blätter parallelnervig, selten netzig-geadert.

Asparageae Juss.

§. 213. Meist ausdauernde Kräuter, seltener Sträucher oder Bäume, mit abwechselnden, zweizeiligen oder wirtelig gestellten, einfachen, ganzrandigen, häufig stengelumfassenden, bisweilen nur schuppigen und hier und da mit Nebenblättern versehenen Blättern. Blüthen endständig oder blattwinkelständig, zwitterig oder diclinisch, einzeln oder in Dolden und Trauben, regelmässig blühend. Perigon meist gefärbt, selten kelch- und blumenblattartig, vier- bis sechs- bis achtgliedrig, frei oder verwachsen. Staubgefässe in der gleichen Zahl wie Perigonblätter, letzteren oder dem Blüthenboden inserirt, mit zweifächerigen, am Grunde oder in der Mitte befestigten, mit Längsritzen aufspringenden Antheren. Fruchtknoten frei, dreifächerig, selten ein- bis fünffächerig, mit achsenständigen Samenknospen auf freien oder verwachsenen, den Fruchtfächern gleichzähligen Griffeln. Frucht beerenartig dreifächerig, seltener zwei- bis vierfächerig, oder durch Verkümmerung einfächerig, ein- oder mehrsamig; Samen mit mehr oder minder fester Schaale, knorpeligem oder weichem Eiweiss und kleinem centralem Keim.

Verbreitung: Die meisten Asparageen mit Einschluss der Smilaceen sind in Nordamerika einheimisch, weniger im Süden. Ebenso bedingt das gemässigte Klima Europas und Mittelasiens eine grössere Anzahl, während die Tropen nur einige aufzuweisen haben.

Eigenschaften: Schleimhaltige, bittere, adstringirende und

harzartige, nebenbei zuweilen auch scharfe, brechenerregende und giftige Bestandtheile sind vorherrschend. Stärkemehl fehlt nie den Rhizomen; Wohlgerüche finden sich bei einigen Blüthen, und ein eigenthümlicher Farbestoff findet sich bei dem baumartigen Repräsentant dieser vielgestaltigen Familie.

a) Smilaceae Endl. Samenschale dünnhäutig.

1. Convallarieae mit verwachsenen Griffeln.

Convallaria L., Maiblume. Perigon glockig oder röhrig, sechszähnig, oder spaltig. Staubgefässe sechs; Griffel scheinbar einen; Beere dreifächerig.

α) Perigon röhrig; Blüthen achselständig, einzeln oder zu zwei bis fünf, einseitswendig; Wurzelstock kurz, gegliedert.

C. Polygonatum L., Salomonssiegel. Stengel kantig; Blüthen einzeln; Perigon etwas bauchig, weiss mit grünen Spitzen. In schattigen Wäldern. Officinell war früher der Wurzelstock, Radix Sigilli Salomonis.

C. multiflora L., hat einen stielrunden Stengel und zwei- bis fünfblüthige Blüthenstiele mit schmalröhrigem Perigon. Wurde gleichfalls medicinisch gebraucht.

β) Perigon glockig; Blüthen traubig, mit schuppenförmigen Deckblättern; Wurzelstock verlängert, dünn.

C. majalis L., Mairöschen. Schaft halbstielrund; Traube einseitswendig. Blüthen weiss, wohlriechend. Die getrockneten Blüthen, Flores Convallariae majalis s. Liliorum convallium, sind officinell.

Smilax Tournef., Stechwinde. Klimmende Halbsträucher mit verdickten Knoten, oft mit Dornen besetzt; Blätter herz- oder spiessförmig, drei- bis siebennervig, mit nebenblattartigen Ranken versehen. Blüthen dioecisch, blattwinkelständig mit sechsblättrigem Perigon. Männliche Blüthe mit sechs freien Staubgefässen, weibliche mit meist dreifächerigem Fruchtknoten. Frucht eine ein- bis dreifächerige, ein- bis dreisamige Beere.

S. medica Schlechtd. An der Ostküste Mexikos. Von dieser stammt mit Sicherheit die Veracruz-Sarsaparille ab, Radix Sarsaparillae de Veracruz; Bestandtheile: Smilacin, ein Weichharz (Pariglin).

S. syphilitica H. et B. In Venezuela. Von ihr soll die Caracas-Sarsaparille abstammen.

S. officinalis H. et B. In Brasilien, am Magdalenenstrom. Soll nebst S. cordato-ovata Pers. und S. papyraceae Poir. in Westindien die Sarsaparilla de Para (S. Brasiliensis, S. Lisborensis) liefern.

Ausser diesen angeführten Smilax-Arten kennt man noch eine grosse Menge anderer, die wahrscheinlich gleichfalls Sarsaparille liefern, ohne

dass man im Stande wäre, Genaueres über die Abstammung der verschiedenen Handelssorten anzugeben.

S. aspera L. In Südeuropa. Früher officinell: Radix Sarsaparillae italicae.

S. China L. In China. Die knolligen Wurzelstöcke bilden mit denen von S. glabra Roxb. leucophylla Blum. etc., in Ostindien, die Radix Chinae ponderosae s. orientalis.

S. Pseudo-China L. In Nordamerika officinell als Radix Chinae occidentalis s. americanus.

Ruscus aculeatus L., Hypophyllum L., Hypoglossum L. In morphologischer Beziehung wegen ihrer grünen, blattähnlichen Zweige (Phyllocladien) und schuppenförmigen Blättern, in deren Winkel die Blüthen entspringen, ausgezeichnet. Südeuropa.

2. Parideae mit getrennten Griffeln.

Paris L., Einbeere. Perigon bleibend, meist achttheilig; Staubgefässe meist acht; Antheren mit sehr verlängertem Mittelbande; Griffel vier; Beere vierfächerig.

P. quadrifolia L. Stengel aus dem kriechenden Wurzelstock entspringend, an der Spitze meist vierblätterig; Blätter quirlständig; Blüthen einzeln, gipfelständig. Die Pflanze hat scharfe, brechenerregende Eigenschaften; die schwarzen, mattglänzenden Beeren, bei ihrer Reife noch von den wenig veränderten Staubgefässen umgeben, sollen auch giftig sein.

b) Eigentliche Asparageae Juss. Samenschale krustenartig.

Asparagus L., Spargel. Perigon trichterförmig-glockig, sechstheilig; Staubgefässe sechs; Griffel einer, Beere dreifächerig.

A. officinalis L. Stengel aufrecht, ästig, kahl; Blätter zu unscheinbaren Schuppen verkümmert, aus deren Achseln Büschel kleiner, nadelförmiger, blattloser Zweige entspringen; Blüthen häufig dioecisch, gestielt, meist paarweise; Blüthenstielchen in der Mitte gegliedert. Anwendung finden die jungen Triebe, Spargelsprossen, Turiones Asparagi, und der Radix Asparagi, deren Hauptbestandttheil das Asparagin ist.

Dracaena Vend., Drachenbaum. (Höhe 50—70', Umfang 74'). Ein in der Jugend palmähnlicher, einfacher, im Alter verästelter Baum mit zwitterigen Blüthen, glockenförmigem, sechstheiligem Perigon, sechs in der Mitte verdickten Staubgefässen, dreifächerigem, dreieiigem, gestieltem Fruchtknoten; Frucht eine kuglige, ein- bis dreisamige Beere. Ostindien, Canarische Inseln.

D. Draco L. Die stengelumfassenden, gestreiften, schmalen, in eine Stachelspitze endenden Blätter entsenden eine überhängende, gipfelständige Blüthenrispe. Der aus dem Stamme hervortretende oder durch Einschnitte zu gewinnende, rothe, harzige Saft bildet eine selten vorkommende Sorte des Drachenblutes, Resina sanguis Draconis canariensis. (Vergleiche oben bei den Palmen Calamus Draco L.)

Die kleine, windende, dioecische Familie der Dioscoreae R. Br. hat netzig geaderte Blätter, regelmässiges, sechsgliederiges Perigon, dreifächerigen Fruchtknoten mit je einem oder zwei Eiern im Fache, kapsel- oder beerenartige Früchte mit eiweisshaltigen Samen und kleinem Keim.

Sie hat zwar keine officinellen Gattungen, jedoch einige für die Südseebewohner unentbehrliche Nährpflanzen. So namentlich die Yamswurzel von Dioscorea alata L., auf den Molukken und in sonstigen tropischen Gegenden vielfach cultivirt; die sehr stärkemehlreichen, knollenartigen Rhizome werden oft 30—40 Pfd. schwer. Ebenso D. Batatas Dec. in China und Japan, auch bei uns als Kartoffelersatz empfohlen.

D. cayennensis Cam. in Westindien,

D. pentaphylla L. in Ostindien u. a. m.

Liliaceae DC. (Asphodeleae Bartlg.)

§. 213. Krautartige Pflanzen, seltener Sträucher oder Bäume; bei ersteren besteht der Grund der Stengel aus durch fleischige Niederblätter gebildeten Zwiebeln. Blätter abwechselnd, einfach, ganzrandig oder scharf gesägt, meist flach, auch röhrig, seltener derb fleischig und dann rosettig zusammengestellt. Blüthen regelmässig, meist endständig in Trauben, Rispen, Dolden, selten einzeln und von einer trockenhäutigen Hülle gestützt. Perigon meist gefärbt, frei oder verwachsen, sechsgliedrig, oft Nektarien führend. Staubgefässe sechs, bald alle gleich, bald zur Hälfte verkümmert, auf dem Blüthenboden oder am Perigon sitzend, mit oft eigenthümlichen Anhängseln und zweifächerigen, nach innen der Länge nach sich öffnenden Antheren. Fruchtknoten frei, dreifächerig, mit verwachsenen Griffeln und eben solchen oder getrennten Narben; Eichen zahlreich, anatrop, in zwei Reihen an achsenständigen Samenträgern. Frucht eine dreiklappige, fachspaltig aufspringende Kapsel; Samen mit leicht zerbrechlicher, seltener harter oder schwammiger Samenschale; Embryo gerade oder gekrümmt in der Achse des Eiweisses.

Verbreitung: Die lilienartigen Gewächse sind über die ganze Erde vertheilt; in Europa vorherrschend an der Mittelmeerküste, in Afrika an der Südspitze, dem Caplande. In tropischen Gegenden treten die grösseren, saftigen Formen als Sträucher oder Bäume auf. In der Mehrzahl tragen sie Zwiebeln mit verkürztem Niederblattstengel.

Eigenschaften: Schleimige, bittere, harzreiche, drastisch purgirende Säfte, flüchtig reizende, schwefelhaltige Oele, Stärkemehl in vielen Zwiebeln und Wurzelstöcken, bei vielen höchst aromatische Blüthen, zähe für Gespinnste geeignete Fasern. Morpho-

logisch höchst interessant ist das vielseitige Auftreten von Brutknospen.

1. Tulipaceae. Perigon fast ganz getrenntblättrig. Staubgefässe dem Perigon oder Blüthenboden eingefügt. Samen meist zusammengedrückt, mit hellbrauner, schwammiger oder harter Samenschale. — Krautartige Zwiebelgewächse.

Lilium L., Lilie. Perigon glockig trichterförmig, Perigonblätter mit einer länglichen, gefurchten Nectargrube; Antheren in der Mitte befestigt; Griffel keulenförmig; Narbe dreilappig.

L. candidum L. Blüthen aufrecht, weiss, innen glatt. Officinell waren früher die Blüthen und ein durch Maceration daraus dargestelltes fettes Oel, Flores et Oleum Liliorum alborum. Im Orient einheimisch, bei uns Gartenpflanze.

L. Martagon L., Türkenbund. Blätter meist quirlig; Blüthen nickend, Perigonglieder zurückgerollt, violett-fleischroth, mit braunen Flecken. Zwiebelschuppig, goldgelb. In unseren Waldungen. Früher officinell: Radix s. Bulbus Martagon s. Asphodeli spurii.

Fritillaria L., Kaiserkrone. Perigon glockig, am Grunde mit einer Honiggrube; Narbe dreitheilig.

Fr. imperialis L. Blüthen aus den Winkeln der an der Spitze des Stengels schopfig gehäuften Blätter entspringend, wirtelig überhängend. In Persien; bei uns Gartenpflanze. Früher war die scharfe Zwiebel officinell, Radix Coronae imperialis.

2. Hyacintheae. Perigon röhrig oder sechstheilig. Staubgefässe der Röhre oder Basis des Perigons eingefügt. Samenschale meist schwarz. — Krautartige Zwiebelgewächse.

Urginea Steinh., Meerzwiebel. Blüthen traubig, im Winkel von Bracteen; das sechstheilige Perigon abstehend; Staubfäden pfriemlich, gleichförmig; Fruchtknoten gefurcht, dreifächerig, vieleiig; Samen flach.

U. Scilla Steinh. (Scilla maritima L.). Die grosse, röthliche oder weisse Zwiebel der am Mittelmeergestade häufig vorkommenden Pflanze ist in arzneilichem Gebrauch, Bulbus Scillae s. Squillae; sie enthält Schleim, Zucker und einen eigenthümlichen Stoff, das Scilletin. Als Verwechslung wären die Zwiebeln von Ornithogalum-Arten anzuführen, diese haben jedoch grüne Schalen, während die Meerzwiebel braune besitzt.

Allium L., Lauch. Perigon glockig oder ausgebreitet, ohne Honigbehälter; Antheren aufliegend; Narbe stumpf; Blüthenstand von einer Scheide im Knospenstand umschlossen.

Von A. sativum L., Knoblauch, und A. Cepa L., Gartenzwiebel, waren die Bulbi Allii et Cepae in arzneilicher Verwendung; ebenso von A. victorialis L., Allermannsharnisch, Bulbi s. Radix Victorialis longae, zum Unterschied von Ra-

dix Victorialis rotundae, die von Gladiolus palustris abstammt.

3. Anthericeae. Perigon sechstheilig ausgebreitet. Blüthenstiele meist in der Mitte oder am Grunde gegliedert. Kräuter ohne Zwiebel, mit büscheligen, oft rübenartig verdickten Wurzeln.

Asphodelus L., Affodill. Perigon unten in eine Röhre verschmälert; Staubgefässe sechs, mit am Grunde verbreiterten Filamenten, zusammengeneigt den Fruchtknoten überdeckend; Kapsel armsamig.

A. ramosus L. In Südeuropa. Die Wurzel, Radix Asphodeli albi veri, war officinell; die knolligen Wurzelfasern sollen in Griechenland zur Zuckerbereitung dienen.

Anthericum L., Graslilie. Perigon ohne Honigbehälter; Filamente fadenförmig; Antheren in der Mitte befestigt; Narbe stumpf.

Von A. Liliago L. und A. ramosum L. waren früher das Kraut, die Blüthen und der Samen officinell, Herba flores et semen Phalangii.

4. Aloineae. Perigon röhrig oder sechstheilig. Meist Bäume oder Sträucher, seltener saftreiche Kräuter mit kriechenden Wurzelstöcken.

Aloë L., Aloë. Perigon gerade, nektarführend; Kapsel häutig, mit zahlreichen, in zwei Reihen gestellten, eckigen, zuweilen geflügelten Samen; Blätter unten rosettig, dick, fleischig-saftig, am Rande und der Spitze meist dornig. — Der eingetrocknete Saft zahlreicher, in Ostindien, am Kap und in Südasien einheimischer und daselbst, sowie in Westindien, cultivirter, Aloëarten giebt die officinelle Aloë lucida und hepatica.

A. vulgaris Lam. In Ost- und Westindien; soll einen Theil der ostindischen und Leber-Aloë, Aloë indica et hepatica, sowie Aloë curassavica und barbadensis, liefern.

A. soccotrina Lam. Auf der Insel Soccotora, im Osten Afrika's, am Kap; officinell als Aloë soccotrina.

A. spicata Thunb. Am Kap; officinell als Aloë capensis.

A. ferox L., A. purpurascens Haw., A. africana Mill. etc. Der wichtige und wirksame Bestandtheil der Aloë ist das bitterschmeckende und purgirend wirkende Aloïn, das in kleinen hellgelben Prismen krystallisirt.

Als technisch wichtige Gespinnstpflanzen wären zu erwähnen: Phormium tenax Forst., Neuseeländischer Flachs. Die Gefässbündel der schilfartigen Blätter sind überaus zähe und dienen zu Gespinnsten und Tauwerk. Ebenso von Sanseviera guineensis Willd. in Guinea und S. zeylanica Willd. in Ceylon,

Yucca aloifolia L. in Westindien und Y. filamentos L. in Nordamerika.

Colchiacceae DC. (Melanthaceae R. Br.)

§. 214. Kräuter mit Wurzelstöcken, Zwiebelknollen oder faserigen Wurzeln und verkürztem oder entwickeltem Stengel. Blätter einfach, ganzrandig, parallelnervig, grundständig oder an der oberirdischen Achse abwechselnd. Blüthen hermaphroditisch, einzeln oder in Rispen. Perigon regelmässig, getrennt- oder verwachsenblätterig, sechsgliederig, blumenartig. Staubgefässe sechs, mit nach auswärts gerichteten ein- oder zweifächerigen, der Länge oder der Quere nach aufspringenden Antheren. Fruchtknoten frei, dreifächerig, mit drei getrennten Griffeln oder Narben und zahlreichen anatropen, achsenständigen Samenknospen. Früchte wandtheilig aufspringende Balgkapseln mit mehr oder minder zahlreichen, mit fleischigem oder knorpeligem Eiweiss erfüllten Samen und kleinem, eingeschlossenem Keimling.

Verbreitung: In Europa haben die wenigen Gattungen eine allgemeine Verbreitung, von den Niederungen bis in die höchsten Alpenregionen. Die Mehrzahl kommt auf Nordamerika und das Capland, während Asien und Neuholland sich auf eine geringe Anzahl von Arten beschränken.

Eigenschaften: Meist scharf giftige, zuweilen selbst stark narkotische Pflanzen, deren wirksame Bestandtheile als Alkaloide in den verschiedensten Pflanzentheilen vorkommen; nebenbei haben sie reichlich Stärkemehl in den unterirdischen Stammorganen und fettes Oel in den Samen.

1. Veratreae. Stengel verlängert, beblättert. Perigon sechstheilig, am Grunde Honigdrüsen. Griffel kurz.

Veratrum L., Germer. Perigonblätter sechs, bleibend; Staubgefässe deren Basis eingefügt; Staubbeutel quer, in zwei Klappen aufspringend; Narben drei; Kapsel dreifächerig mit gesonderten Spitzen; Samen geflügelt.

V. album L., weisse Niesswurz. Voralpen Europas und Asiens. Wurzelstock kegelig, abgebissen. Stengel aufrecht, röhrig, fast ganz von den anliegenden Blattscheiden bedeckt; Blätter elliptisch, längsgefaltet; Blüthen in ansehnlichen Rispen; Perigonzipfel innen weiss, aussen grünlich, viel länger als der Blüthenstiel. Die Var. Lobelianum Bernh. hat blasshellgrüne, mehr glockige Blüthen. Diese Art ist giftig und officinell: Radix Hellebori albi s. Veratri.
Nicht blühende Exemplare haben Aehnlichkeit mit Gentiana lutea. Bestandtheile: Veratrin und Jervin.
V. nigrum L., schwarze Niesswurz. Perigonzipfel braunroth, von gleicher Länge wie der Blüthenstiel. Alpen. Giftpflanze.

V. viride Act., grüne Niesswurz. Auf feuchten Wiesen und an den Ufern der Gebirgsbäche in den Vereinigten Staaten Nordamerikas von Canada bis Florida. Der verkleinerte, sehr giftige Wurzelstock kommt in neuerer Zeit über den englischen Markt auch zu uns unter dem Namen: Radix Veratri viridis s. americanae.

Sabadilla Brandt., Sabadille. Perigonblätter schmal, linienförmig, unten breiter; Staubgefässe abwechselnd kürzer; Antheren der Quere nach aufspringend; Balgkapseln drei, papierartig, am Grunde verbunden; Samen nicht geflügelt, kantig, runzlig.

S. officinarum Brandt. (Veratrum officinale Schlechdt.) Blätter grasartig, grundständig; Schaft vier bis fünf Fuss hoch; Blüthen meist in dichten Trauben. Auf den Anden Mexikos. Officinell sind die Kapseln sammt den Samen, Fructus s. semen Sabadillae. Bestandtheile: Veratrin, Sabadillin, Veratrinsäure.

2. Colchiceae. Stengel verkürzt, unterirdisch, knollenartig. Perigon röhrig verlängert.

Colchicum L., Zeitlose. Perigon sechsspaltig, trichterförmig, mit langer Röhre; Griffel drei, mit sehr verlängerten Narben; Balgkapseln aufgeblasen.

C. autumnale L., Herbstzeitlose. Blätter grundständig, breitlanzettlich, spitz, glänzend, im Frühjahr sich entwickelnd; Blüthen einzeln oder zwei bis drei, auf kurzem Schaft, innere Perigongipfel schmäler als die äusseren. Zwiebelknollen eirund. Perigon violettroth gegen den Herbst erscheinend; Früchte den Winter über unterirdisch, erheben sich im Frühling des folgenden Jahres mit den Blättern. Auf feuchten Wiesen allgemein verbreitet.
Officinell sind die Zwiebelknollen und Samen, Bulbotubera s. Radix et Semina Colchici. Wirksamer Bestandtheil: Colchicin. Giftpflanze.
Die früher officinellen Hermodactyli waren angeblich die Zwiebelknollen von einigen kleinasiatischen Colchicum-Arten.

Orchideae Juss.

§. 215. Perennirende kraut- oder halbstrauchartige Gewächse, selbstständig oder parasitisch lebend, mit Faserwurzeln, Wurzelknollen oder wurzellos. Stamm oft sehr verkürzt oder rhizomartig und bei tropischen Formen oftmals kletternd oder aus eigenthümlichen, oberirdischen Scheinknollen bestehend. Die stengelumfassenden oder mit scheidenförmiger Basis versehenen Blätter sind stets ganzrandig, bald breit, eirund, bald schmal, lanzettförmig, fleischig oder lederartig, meist parallelnervig, selten treten an ihre Stelle schuppenförmige, scheinbar chlorophylllose Niederblätter. Die von Deckblättern unterstützten Blüthen stehen selten einzeln, meistens in Aehren, Trauben oder Rispen, und die

oberständige sechsblättrige Blüthenhülle derselben besteht aus zwei dreizähligen Blattkreisen. Von diesen ist der innere immer unregelmässig und besitzt eine, oft gespornte, Honiglippe (labellum), während die übrigen fünf Blätter zusammen den Helm (galea) bilden. Alle Perigonblätter sind meist blumenartig und zart, zuweilen von wachsartiger Consistenz, bald ansehnlich, bald unscheinbar, von höchst mannigfaltiger Farbe und Gestalt. Die Staubblätter sind mit dem Griffel zu einer fleischigen Säule (Befruchtungs- oder Griffelsäule, gynostemium) verwachsen, auf welcher die Staubbeutel sitzen, so dass die letzteren also höher stehen als die nur wenig entwickelten, gewöhnlich grosse, klebrige Flächen darstellenden Narben. Von den sechs typisch vorhanden sein sollenden Staubblättern gelangt nur eines, seltener zwei, zur vollkommenen Entwicklung. Ist nur eines ausgebildet, so liegt dasselbe stets der Honiglippe gegenüber; sind aber zwei vorhanden, dann steht je eines an jeder Seite der Griffelsäule. Antheren ein- oder mehrfächerig, meist der Länge nach sich öffnend. Pollenzellen selten frei, meist zu vier vereinigt und durch eine klebrige Masse zu einem keulenförmigen, wachsartigen Klümpchen vereinigt, dem sogenannten Pollinarium, das oft in einen stielartigen caudiculus verlängert ist. Die beiden Pollenmassen sind oft am Ende dieser Stielchen durch eine Klebdrüse oder Halter (retinaculum) mit einander verbunden oder getrennt. Zuweilen sitzen die Klebdrüsen auch noch in einer oder zwei Falten der Narbe, dem sogenannten Beutelchen (bursicula), in anderen Fällen auch frei auf der Narbenfläche, so dass die Pollenmasse beim Austreten aus dem Antherenfach in der Nähe der Narbe haften bleibt. Fruchtknoten aus drei Blättern gebildet, unterständig, einfächerig, mit drei wandständigen Placenten. Griffel mit den Staubgefässen säulenförmig verwachsen. Narbe mit einer an der vorderen Fläche der Säule befindlichen, vertieften, verschieden gestalteten, drüsenähnlichen Scheibe (gynixus) und nach oben in einen mehr oder minder verlängerten Fortsatz, das sogenannte Schnäbelchen (rostellum), endigend. Samenknospen überaus zahlreich, anatrop. Die Frucht ist eine Kapsel, welche sich gewöhnlich mit sechs Längsspalten in der Weise öffnet, dass sich drei Klappen zwischen drei stehenbleibenden Rippen loslösen; sie ist trockenhäutig oder wenig saftreich, lederartig. Die zahllosen, sehr kleinen, in eine netzförmige Schale eingeschlossenen, eiweisslosen Samen haben einen kugligen, keimblattlosen Embryo.

Verbreitung: Die Glieder dieser Familie finden sich fast in allen Weltgegenden, mit Ausnahme der kältesten und trockensten Erdstriche. In den Tropen, namentlich Amerika's, herrschen

die epiphytischen vor, während unsere Arten, mit einer Ausnahme, zu den Erdorchideen gehören.

Eigenschaften: Die so umfangreiche Familie findet nur geringe medicinische Verwendung. Vorherrschend sind die aromatischen Bestandtheile in den Blüthen und Früchten; die Knollen enthalten Schleim, Gummi und Stärkemehl, wenige besitzen auch Farbstoffe.

Von den Gruppen, in welche Lindlay diese Familie eintheilte, haben wir nur einige zu berücksichtigen.

1. Ophrydeae Lindl. Erdgewächse mit Wurzelknollen. Antheren völlig mit der Griffelsäule verwachsen; Pollinarien körnig-lappig, durch klebrige Fäden zusammenhängend, in ein Stielchen verschmälert, am Grunde dem Halter angeheftet.

Orchis L., Knabenkraut, Ragwurz, Stendelwurz. Perigon rachenförmig, drei bis fünf Zipfel helmartig; Lippe gespornt, abstehend, dreilappig oder -spaltig; die zwei Drüsen der Pollenmasse getrennt, in einem zweifächerigen Beutelchen befestigt; Narbe geschnäbelt; Fruchtknoten gewunden.

a) Knollen ungetheilt.

O. Morio L., kleines Knabenkraut. Blätter länglich-lanzettlich; Aehre locker, armblüthig; Mittellappen der Lippe abgestutzt, ausgerandet; Sporn walzig, so lang wie der Fruchtknoten; Helmzipfel stumpf, alle zusammengeneigt; Knollen kugelig; Blüthen in der Regel purpurn. Auf Wiesen.

O. mascula L., männliche Ragwurz. Blätter wie oben; Aehre locker, reichblüthig; Mittellappen der Lippe ausgerandet, länger als die seitlichen Lappen; Sporn walzig, meist aufsteigend, so lang wie der Fruchtknoten; Helmzipfel spitz, die zwei seitlichen zurückgeschlagen; Knollen länglich; Blüthen dunkelpurpurn. Auf Waldwiesen, an Waldrändern.

O. ustulata L., angebrannte Ragwurz. Blätter lanzettlich-spitz; Aehre gedrängt, kurz, reichblüthig. Mittellappen der Lippe keilig-lineal; Seitenlappen länglich-lineal; Sporn dreimal kürzer als der Fruchtknoten und mit halb so langem Deckblatt; Helmzipfel eiförmig, stumpf; Knollen länglich; Blüthen klein, braunroth, mit weisser, purpurroth punktirter Lippe. Auf Bergwiesen.

O. militaris L., helmblüthige Ragwurz. Blätter länglich; Aehre gedrängt, reichblüthig; Mittellappen lineal, länger als die linealen Seitenlappen; Sporn halb so lang, Deckblatt viel kürzer als der Fruchtknoten; Helmzipfel eirund-lanzettlich, spitz; Knollen länglich; Blüthen gross, mit grau-röthlichem Helm und rosafarbener, dunkel punktirter Lippe. An bewaldeten, kalkhaltigen Abhängen.

O. fusca Jacq., braune Ragwurz. Blätter eirund-länglich; Aehre reichblüthig, gedrängt; Mittellappen verkehrt-eirund, länger als die linealischen Seitenlappen; Sporn halb so lang, Deckblätter viel kürzer als der Fruchtknoten; Helmzipfel eirund, spitz; Knollen länglich; Blüthe gross, mit dunkelpurpurrothem Helm und röthlicher oder weis-

ser, dunkler punktirter Lippe. In lichten Gebirgswäldern auf Kalkboden. Die beiden sich nahe stehenden Arten riechen stark nach Coumarin.

O. pyramidalis L. (Anacamptis pyramidalis Rich.), pyramidenförmige Ragwurz. Blätter lineal-lanzettlich; Aehre reichblüthig, pyramidal; Lippe dreilappig, am Grunde jederseits mit einem Anhängsel; Sporn fadenförmig, gebogen, länger als der Fruchtknoten; Perigonzipfel helmartig, die seitlichen Zipfel abstehend; Drüsen der Pollenmassen vereinigt, in einem einfächerigen Beutelchen befestigt; Knollen kugelig-eiförmig; Blüthen purpurroth, wohlriechend. An waldigen, kalkhaltigen Bergabhängen.

O. bifolia L. (Platanthera bifolia Rich.), zweiblättrige Ragwurz. Die beiden eirund-länglichen Blätter sind fast gegenständig; Aehre verlängert, locker; Lippe lineal, ganz; Sporn fadenförmig, gekrümmt, zweimal so lang als der Fruchtknoten; Antherenfächer parallel verlaufend, die sehr concave Narbe fast verdeckend, letztere ohne Schnäbelchen; Knollen länglich; Blüthen weiss, wohlriechend. Auf Waldwiesen, in lichten Wäldern. (Tubera Satyrii.)

b) Knollen handförmig gelappt oder gespalten.

O. latifolia L., breitblättrige Ragwurz. Stengel hohl, vier- bis sechsblätterig; Blätter abstehend, eilänglich, stumpf, meist gefleckt; Aehre gedrängt; Lippe dreilappig, seitliche Zipfel zurückgeschlagen, kürzer als der mittlere; Sporn kegelförmig, kürzer als der Fruchtknoten; Deckblätter von der Länge der Blüthen; Helmzipfel abstehend; Knollen zwei- bis vierspaltig; Blüthen hellroth mit dunkleren Zeichnungen. Auf Wiesen.

O. maculata L., gefleckte Ragwurz. Stengel nicht hohl; Blätter abstehend, länglich-lanzettlich, gefleckt; Aehre locker; Lippe dreilappig; Zipfel flach, abgerundet; Sporn kegelförmig, kürzer als der Fruchtknoten; die unteren Deckblätter länger als die Blüthen; Helmzipfel abstehend; Knollen drei- bis vierspaltig; Blüthen hellroth oder weisslich mit dunkleren Zeichnungen. Auf Wiesen.

O. sambucina L., Hollunder-Ragwurz. Blätter lanzettlich; Aehre gedrängt, reichblüthig; Lippe kaum dreilappig; Sporn kegelig; abwärtsgebogen, so lang als der Fruchtknoten; Helmzipfel lanzettlich; Knollen länglich, an der Spitze meist kurz. zwei- bis dreilappig; Blüthen gelblichweiss, ähnlich wie die Hollunderblüthen (Sambucus nigra) riechend. In Wäldern.

Von allen diesen Orchis-Arten wird der eine der Doppelknollen gesammelt, gebrüht und dann getrocknet; sie bilden die einheimische Salepwurzel, Tubera s. radix Salep (Orchidis). Bestandtheile: Schleim (Bassorin), Stärke, etwas ätherisches Oel, Gummi, Salze etc. Die Radix Salep orientalis stammt von Orchis-Arten des Orients ab.

2. Arethuseae Lindl. Erdorchideen. Anthere endständig, deckelartig in dem Helm der Griffelsäule liegend; Pollinarien mehlig oder körnig, ungestielt.

Vanilla Sw., Vanillestrauch. Strauchartig, mittelst Luftwurzeln an Bäumen hoch emporklimmend; Perigon oberständig, hinfällig; Lippe tutenförmig eingerollt, Saum zurückgeschlagen, in der Mitte gebartet, an den Rändern mit

der Griffelsäule verwachsen, ungespornt; die übrigen Perigonblätter frei, abstehend; Griffelsäule nach oben helmartig verlängert und darunter die mit einer Querfalte aufspringende Anthere. Frucht schotenartig verlängert, von der Spitze zweiklappig aufspringend, innen mit aromatischem, zahllose Samen enthaltendem Fruchtbrei angefüllt; Samen sehr klein, glänzend, mit anliegender Samenschale.

V. planifolia Andrew. Blätter oval-länglich, fleischig, zugespitzt, zart genervt, Blattstiel kurz, rinnenförmig; Blüthen gross, gelblichgrün, in den Blattwinkeln ährenförmig vereinigt; der lange, dünne, einfächerige, unterständige Fruchtknoten reift erst im zweiten Jahre zu der zweiklappig sich öffnenden Kapsel. Im östlichen Mexiko einheimisch, sowie in mehreren anderen Tropenländern (Westindien, Brasilien, Mascarenen, Java) cultivirt. Officinell sind die sehr wohlriechenden Früchte, Fructus Vanillae. Bestandtheile: Vanillin, oft als Krystalle an der Oberfläche auftretend und wesentlicher Bestandtheil des in der Fruchthöhle angesammelten Balsams, ferner Zucker, Gummi, Gerbstoff, fettes Oel, Harz, Wachs etc.

3. Cypripedieae Lindl. Erdorchideen. Das mittlere Staubgefäss blumenblattartig, unfruchtbar, die beiden seitlichen fruchtbar.

Aus dieser Gruppe ist keine Pflanze bei uns officinell, dagegen werden die Wurzeln einiger nordamerikanischer Arten in ihrem Vaterlande verwendet.

Zingiberaceae Rich. (Scitamineae R. Br.)

§. 216. Perennirende, krautartige Gewächse mit kriechendem oder knolligem Wurzelstock; mit unentwickeltem oder entwickeltem, einfachem, beblättertem Stengel, hervorgegangen aus den Blattscheiden, die den Blüthenschaft einschliessen. Blätter abwechselnd, einfach, ganzrandig, gross, mit entwickeltem Mittelnerv, parallelen Seitennerven und scheidenartigem Blattstiel. Blüthen hermaphroditisch, unregelmässig, hinfällig, ährenförmig, traubig oder rispig angeordnet, endständig oder grundständig von bunten oder häutigen Hochblättern umgeben. Perigon doppelt, das äussere kürzer als das innere, verwachsenblättrig, röhrig, ganzrandig oder einseitig gespalten, das innere ebenfalls verwachsenblättrig, mehr blumenartig, mit ziemlich langer Röhre und sechstheiligem Saum, dessen Lappen, von ungleicher Grösse, zweireihig und zweilippig angeordnet sind. Staubgefässe sechs, jedoch nur das oberste fruchtbar, die übrigen steril, das unterste sehr gross, blumenblattartig, eine sogenannte Honiglippe (labellum) bildend. Anthere zweifächerig, mit getrennten Fächern und rinnenförmigem, oft an der Spitze verlängertem und ausge-

breitetem Mittelbande. Fruchtknoten dreifächerig, mit zahlreichen, anatropen, an centraler Placenta befestigten Eichen; Griffel fadenförmig, mit einer kopf- oder trichterförmigen Narbe endigend. Frucht eine meist dreifächerige, fachspaltig aufspringende, lederartige Kapsel mit eiweisshaltigen Samen, letztere öfters mit Samenmantel versehen. Embryo central, von Endosperm und Perisperm umgeben.

Vorkommen: Tropengewächse, vorzüglich in Ostindien, China und den benachbarten Inseln einheimisch, an vielen Orten daselbst auch cultivirt; nur wenige finden sich in Afrika und Südamerika.

Eigenschaften: Die Wurzeln und Früchte aller Arten sind stark aromatisch und enthalten ein eigenthümliches ätherisches Oel, ein brennend scharfes Weichharz, einen bitteren Extractivstoff (Zedoarin), einige auch einen gelben Farbestoff (Curcumin) und alle in reichlicher Menge Amylum. Um dieser chemischen Bestandtheile willen werden die Früchte und Wurzeln der meisten Arten, und zwar schon seit den frühesten Zeiten, als Gewürze sowie als reizende und erhitzende Arzneimittel angewendet. Das in den Wurzelstöcken besonders reichlich vorkommende Stärkemehl wird zur theilweisen Darstellung von Arrowroot benutzt, der gelbe Farbestoff zur Bereitung von Reagenspapieren.

Zingiber Gaertn., Ingwer. Das äussere Perianthium röhrig, an der Seite gespalten; das Connectiv über den Antheren in einen rinnenförmigen, pfriemenartigen Schnabel ausgezogen.

Z. officinale Rosc. Blätter fast sitzend, schmal lanzettlich; Blüthenähren elliptisch auf einem entwickelten Schafte, die seitlichen mit eiförmigen Bracteen; Blüthen gelblich-weiss; Labellum dreispaltig, purpurgestreift; Mittellappen zurückgekrümmt. Im tropischen Asien wild und daselbst, sowie in Afrika und auf den Antillen cultivirt. Officinell ist das Rhizom, welches sowohl in geschältem Zustande als weisser Ingwer, Rhizoma Zingiberis albi, oder ungeschält als schwarzer Ingwer, Rhizoma Zingiberis nigri, vorkommt; mit Zucker eingekocht, bildet dasselbe die Confectio Zingiberis des Handels. Bestandtheile: Aetherisches Oel, aromatisches, scharfes Weichharz, Bitterstoff, Stärke etc.

Curcuma L., Gelbwurz. Aeusseres Perianthium röhrig, dreijährig; Staubfäden blumenblattähnlich, dreispaltig, Anthere an dem Mittellappen befestigt, welcher an der Basis doppelt gespornt ist.

C. longa L. Blätter langgestielt, kahl, breit lanzettlich; Aehren länglich, an dem aus der Mitte der Blätter entspringenden Schafte, mit gelben, von gleich langen Bracteen unterstützten Blüthen; Rhizom knollenartig, aussen grau, innen schön orangegelb. In Ostindien, China. Officinell ist das Rhizom, Radix Curcumae, und zwar

werden die mehr rundlichen Zwischenglieder als **Rhizoma Curcumae rotundae**, die dieselben verbindenden längeren Theile als **Rhizoma Curcumae longae** bezeichnet. Auch zum Gelbfärben, Curcuma-Papier, findet die Drogue Verwendung. Bestandtheile: Aetherisches Oel, Harz, Farbestoff (Curcumin), Gummi, Amylum etc.

C. **Zedoaria** Rosc. (C. **aromatica** Salisb.), **Zittwerwurz**. Blätter sitzend, breit lanzettlich, oberseits kahl, unterseits seidenhaarig; Aehren seitlich, grundständig; Blüthen röthlich, kürzer als die Bracteen; Rhizom lang, handförmig, innen gelblich. Ostindien. Officinell ist das in Längs- und Querschnitte getheilte Rhizom als **Radix Zedoariae**. Bestandtheile: Aetherisches Oel, bitter aromatisches Weichharz, Gummi, Stärke etc.

C. **Zerumbet** Rosc. Mit handförmigem, innen strohgelbem Rhizom. Ostindien. Es sollen von ihr die beiden obsoleten Droguen, **Radix Zerumbet et Cassumunar**, abstammen, die hinsichtlich ihrer Eigenschaften der Zittwerwurzel gleichkommen.

C. **leucorrhiza** Rosc. mit spindelförmigem Rhizom und weissen knolligen Nebenwurzeln. Gleiche Anwendung finden die knolligen Wurzelstöcke anderer Arten wie:

C. **angustifolia** Rosc., C. **rubescens** und C. **viridiflora** Rosc., aus denen eine Art ostindisches Arrowroot, A. von Travancore, auch **Tik-Mehl** genannt, dargestellt wird.

Alpinia L., **Alpinie**. Stengel beblättert, mit endständigen grossen Blüthentrauben oder Rispen; Korollenröhre verkürzt; Staubfäden einfach, aufrecht linienförmig, Connectiv nicht verlängert; Kapsel beerenartig, dreifächerig.

A. **Galanga** Sw., **Galgant**. Blätter fast sitzend, breit lanzettlich; Blüthenstand schlaff, traubig-rispig; Blüthen blassgrünlich; Labellum spatelig, fast dreilappig, der Mittellappen zweispaltig; Kapseln verkehrt-eirund. Auf den indischen Inseln. Officinell ist das Rhizom als **Radix Galangae majoris** oder **Java-Galgant**.

A. **officinarum** Hance spec. nov. ist höchst wahrscheinlich die Stammpflanze des officinellen chinesischen Galgant, **Radix Galangae minoris**. Sie wurde auf einer benachbarten Insel des chinesischen Reiches kürzlich entdeckt und wird sicherlich in China selbst cultivirt. Bestandtheile: Aetherisches Oel, scharfes Harz, Bitterstoff, daher der aromatische und brennende Geschmack wie Ingwer und Pfeffer zusammen, mit einem deutlich campherartigen Beigeschmack.

Amomum L., **Gewürzlilie**. Schaft seitlich entspringend; Blüthen einzeln oder in Aehren; Kelch röhrig; Connectiv kammförmig vorstehend, ganz oder gelappt.

A. **Cardamomum** L., **Kardamome**. Blätter sitzend, lanzettlich; Aehren halb in den Boden versenkt; Deckblätter lanzettlich, spitz, am Rande zottig; Lippe nebst Connectiv dreilappig. Auf Sumatra, Java und in Siam. Die Früchte liefern die sogenannten runden oder siamesischen Kardamomen. Officinell: **Semen Cardamomi rotundi**.

A. **Granum Paradisi** Afz., **Paradies- oder Guineakörner**. Blätter lanzettlich, zugespitzt, kahl; Blüthenstände wurzelständig, ährenförmig, vielblüthig. In Guinea. Die Samen sind die officinellen **Grana Paradisi**, die überdies noch von einigen anderen Arten ge-

sammelt werden sollen. Bestandtheile: Aetherisches Oel, Harz, Gummi, Salze, Stärke etc.
O. Meleguetta Rosc. mit sehr verkürztem, einblüthigem Blüthenschaft und bitteren, scharfen Samen, die als falsche Grana Paradisi bekannt sind.

Elettaria White., Elettarie. Blüthenschaft wurzelständig, ährig; Korollenröhre verlängert, sehr dünn; Connectiv nicht verlängert.

E. Cardamomum White. Blätter länglich lanzettlich, zugespitzt, oberseits flaumhaarig, unterseits seidenhaarig; Schaft seitlich aus dem Rhizom hervortretend, verästelt, geschlängelt; Kapseln oval, gestreift, schwach dreikantig. In Ostindien. Die Früchte bilden die officinellen Malabar-Cardamomen, Cardamomum minus s. malabaricum.
E. major Smith. Blätter lineal-lanzettlich, unterseits zottig; Kapsel länglich-eiförmig, neunflügelig. Ostindien, Insel Ceylon. Die Früchte bilden die grösseren Ceylon-Cardamomen, Cardamomum zeylanicum s. longum, mit blässeren und weniger aromatischen Samen.
Costus arabicus Rosc. und speciosus Sm. in Ostindien. Ihre Wurzeln waren früher berühmte Heilmittel, Radix Costi arabici.

Marantaceae Lindl. (Cannaceae Agardh.)

§. 217. Ausdauernde, krautartige Pflanzen mit knolligen oder kriechenden Wurzelstöcken, stengellos oder mit einem wie bei den Zingiberaceen gebildeten Stengel. Blätter zweizeilig, grasartig oder elliptisch, einfach, zuweilen gestielt mit scheidiger Basis und mit knotiger Verdickung an der Spitze. Blüthen gipfelständig oder seitlich aus den Blattscheiden hervortretend, traubig oder rispig, von Hüllblättern gestützt, hermaphroditisch und unregelmässig. Perigonbildung doppelt, die äussere krautartig, dreiblätterig, die innere blumenblattartig gefärbt, grösser und ebenfalls aus drei Blättern zusammengesetzt. Staubgefässe fünf oder sechs, von denen nur eines fertil, während die übrigen blumenblattähnlich entwickelt sind. Staubbeutel einfächerig, indem stets ein Fach verkümmert, der Seite des blumenblattartigen Trägers angewachsen. Fruchtknoten unterständig, dreifächerig, mit centralem Samenträger und ein- bis mehreiigen Fächern, Griffel verschieden entwickelt, mit gipfel- oder seitenständiger, verdickter Narbe. Frucht kapsel- oder beerenartig, bald ein-, bald mehrsamig. Samen mit hornartigem Eiweiss und geradem oder gekrümmtem Keim.

Verbreitung: Die Familie ist hauptsächlich im tropischen Amerika, einige Glieder derselben in Afrika und nur wenige im tropischen Asien zu Hause.

Eigenschaften: Obwohl botanisch den Zingiberaceen

sehr nahe stehend, zeigen sie doch wesentliche Verschiedenheiten. Es entbehren nämlich die Rhizome jeglichen Aromas, besitzen dagegen aber eine sehr grosse Menge Stärkemehls, das auch bei uns gebräuchlich und unter dem Namen Pfeilwurzelmehl, Arrowroot, officinell ist. Einige wenige Arten besitzen diuretische Eigenschaften.

Maranta Plum., Pfeilwurzel. Antheren am Rande des kronblattartigen Filaments; Griffel röhrig, verdickt, zurückgeschlagen; Narbe dreilappig kurz; Samenknospe campilotrop; Frucht eine trockene, einsamige Beere; Samen mit hakig gekrümmtem Embryo.

M. arundinacea L. Stengel wiederholt gabelästig; Blätter eirund länglich, zugespitzt, flaumig; Blüthen in Rispen. Die Pflanze ist ursprünglich in Westindien und dem nördlichen Theile von Südamerika einheimisch, wird aber jetzt nicht nur in ihrer Heimath, sondern auch in vielen anderen Tropenländern, wie Ostindien, West- und Südafrika, auf Ceylon etc. im Grossen cultivirt.
M. indica Tussac. Blätter länglich-eiförmig, zugespitzt, kahl. Im indischen Archipel einheimisch und cultivirt.
M. Allouya Jacq. Stengel einfach; Blätter gestielt, ei-lanzettlich. In Westindien. Das Rhizom ist in Amerika als Radix Curcumae americanae officinell.
Von diesen drei Arten, sowie auch noch von
M. ramosissima Tussac., in Silhet, und
M. nobilis Tussac., in Westindien cultivirt, stammt das westindische oder amerikanische Arrowroot (Amylum Marantae).

Canna L., Blumenrohr. Anthere seitlich am Filamente; Griffel blumenartig verbreitert, ohne unterscheidbare Narbe; Samenknospen anatrop; Frucht eine dreifächerige, fachspaltig aufspringende, mehrsamige Kapsel; Embryo gerade.

C. edulis Kerr. Rhizom knollig; Stengel purpurroth; Blätter breit, eirund-lanzettlich; inneres Perigon dreitheilig, mit an der Spitze leicht ausgeschnittenen Segmenten, deren mittelstes das kürzeste ist. In Peru; liefert nebst C. paniculata R. et P., die gleichfalls dort einheimisch, eine Art Arrowroot. Zu dem gleichen Zwecke wären noch zu erwähnen: C. discolor Ait., C. coccinea Ait., C. Achiras Gillies u. a. m. in Südamerika und Westindien.
C. speciosa Rosc. auf Sierra Leone soll die Radix Curcumae africanae liefern.

Musaceae Juss.

§. 218. Krautartige, perennirende Pflanzen mit sehr verkürzten Stämmen, zweizeilig oder abwechselnd gestellten Blättern mit meist entwickelten Blattstielen und noch kräftigeren Blattscheiden, die dicht übereinander liegend eine Scheinaxe von zwölf und noch mehr Fuss darstellen; Blattfläche meist sehr lang,

einfach, in der Knospenlage dütenförmig aufgerollt und sich nach der Entfaltung der Quere nach, von der Mittelrippe aus, spaltend. Blüthen in büscheligen Aehren, von scheidenförmigen Hochblättern gestützt, in der Regel hermaphroditisch oder polygamisch. Perigon einfach, blumenkronartig, sechsblätterig, oftmals in der Grösse verschieden oder durch Verwachsungen unregelmässig. Staubgefässe sechs, von denen selten alle fruchtbar, am Perigon befestigt; Antheren zweifächerig, den beiden Rändern des blumenblattartigen Connectivs angewachsen, das sich an der Spitze kammartig erweitert. Fruchtknoten dreiblätterig, dreifächerig, mit fadenförmigem Griffel und sechslappiger oder dreitheiliger Narbe. Frucht beeren-, steinfrucht- oder kapselartig, von dem theilweisen Perigon bekrönt, dreifächerig mit je einem oder vielen Samen. Samen eiweissreich, zuweilen mit haarförmigem Samenmantel. Keim gerade, im stärkemehlreichen Eiweiss.

Verbreitung: In überwiegender Mehrzahl innerhalb der Wendekreise; nur wenige kommen in der südlichen gemässigten Zone vor.

Eigenschaften: In medicinischer Hinsicht sind dieselben ohne besondere Bedeutung, die Früchte der wild wachsenden Arten wirken leicht diuretisch, während die der cultivirten, süss und nahrhaft, eine wohlschmeckende Speise liefern. Auch zu technischen Zwecken werden sie vielfach verwendet.

Musa L., Pisang. Die polygamischen, oberständigen Blüthen sind in der Zwei- oder Mehrzahl von einer Blüthenscheide umgeben; fünf Perigonblätter sind mit einander verwachsen, das sechste ist concav, Honigsaft ausscheidend. Von den sechs Staubgefässen ist bald das eine, bald sind fünf vollkommen entwickelt. Die ansehnliche Beere ist länglich, dreikantig, vielsamig.

M. paradisiaca L. mit grünem Stamme. In Ostindien und auf den Südseeinseln wildwachsend, wird der Pisang wegen seiner mannigfachen Benutzbarkeit allenthalben in den Tropengegenden in zahllosen Spielarten angebaut. Er kommt auch in der subtropischen Zone gut fort, ebenso auf Madeira und selbst hier und da in Spanien hält er noch aus. Die bei der cultivirten Pflanze meist samenlosen, sehr grossen Früchte, unter dem Namen Bananen bekannt, haben ein süssliches, sehr mehliges, wohlschmeckendes Fleisch, das roh genossen oder geröstet und gebraten zu den täglichen Nahrungsmitteln der Tropenbewohner gehört. Eine Pflanze liefert jährlich bis anderthalb Centner Früchte. Die sehr zähen Gefässbündel der mächtigen Blattstiele verarbeitet man zu Tauen und den verschiedensten Flechtwerken.

M. sapientum L., mit rothgefiecktem Stamm, hat zuckerreichere Früchte, Paradiesfeigen, und hat Vorkommen und Verwendung mit vorhergehender Art gemein.

M. textilis N. ab Es., auf den Molukken. Dessen ebenfalls sehr

zähe, aber feinere Gefässbündel liefern den **Manillahanf** des Handels.

M. Ensete Gmel., in Abyssinien, mit 30′ hohem Krautstamm. Die Blätter werden zu den verschiedensten Hausgeräthen verarbeitet.

Ravenala madagascariensis Poir., des Wanderers Baum, Reisebaum, auf Madagascar, Isle de France; die angeschnittenen Blattscheiden liefern dem Wanderer reichliches und trinkbares Wasser, die Samenhüllen geben Oel.

Amaryllideae R. Br.

§. 219. Ausdauernde, krautartige Pflanzen mit meist schaliger Zwiebelbildung, die öfters durch knollenartige Bildungen oder Rhizome ersetzt ist. Blätter meist grundständig, abwechselnd, sehr einfach, parallelnervig, häufig nur vorherrschend Niederblätter führend. Blüthen hermaphroditisch auf einem verkürzten oder entwickelten centralen oder seitenständigen Schafte, einzeln oder doldenartig von einer oder mehreren Hüllen umgeben. Perianthium regelmässig oder unregelmässig, verwachsenblätterig, gefärbt, bald trichterformig-röhrig, mit sechsspaltigem Saume, bald sechstheilig, bei einigen tritt eine sogenannte Nebenkrone auf. Staubgefässe sechs, selten mehr, dem Perigon oder einer auf dem Fruchtknoten sitzenden Scheibe eingefügt, Staubbeutel zweifächerig, zumeist der Länge nach sich öffnend. Fruchtknoten aus drei Blättern bestehend, dreifächerig, mit centralen Placenten, an denen zahlreiche, meist anatrope ovula sitzen; Griffel einfach, mit ungetheilter oder dreilappiger Narbe. Frucht eine dreifächerige, fachspaltig aufspringende, vielsamige Kapsel (durch Verkümmerung ein- oder zweifächerige) Beere. Samen sehr eiweisshaltig, hartschalig, mit centralem Embryo.

Verbreitung: Diese grosse Familie besteht der Mehrzahl nach aus Tropengewächsen, sie findet sich jedoch am mannigfaltigsten am Cap und kommen selbst Abarten davon in der kalten gemässigten Zone, besonders der nördlichen Hemisphäre, vor.

Eigenschaften: Der klebrige Saft der Zwiebeln der hierher gehörenden Arten enthält in grösseren Mengen ein bitteres, scharf emetisch wirkendes Gummiharz, das bei einigen fast narkotisch wirkt. Der Saft der Agave-Arten dient zur Darstellung eines berauschenden Getränkes. Auch zu technischen Zwecken werden einige benutzt.

1. Amarylleae. Zwiebelpflanzen ohne Nebenkrone (corona). Eigentlich officinelle Pflanzen enthält diese Gruppe nicht; zu erwähnen sind jedoch folgende:

Galanthus nivalis L., **Schneeglöckchen**, und
Leucojum vernum L., **Knotenblume**. Die bekannten Frühlings-

pflanzen unserer Gärten. Die Zwiebeln sind scharf, brechenerregend und waren als Radix Leucoji bulbosi officinell.
Amaryllis Reginae L., in Brasilien,
A. princeps Vell., in Westindien, und
A. Belladonna L., ebendaher, enthalten in den Zwiebeln einen narkotisch wirkenden Saft. Die Knollzwiebel von A. lutea L. war früher als Radix Lilio-Narcissi im Orient officinell.
Haemanthus coccineus L. am Cap. Die Zwiebel dieser, so wie der meisten anderen Arten, ist scharf giftig, besonders von
H. toxicarius Ait. die den Hottentotten das Pfeilgift liefert.
Ebenso giftig sind die Zwiebeln von:
Crinum asiatiaticum L., auf den Molukken, und
Hippeastrum equestre Herb. in Südamerika.

2. Narcisseae. Zwiebelpflanzen mit einer am Schlunde des Perigons mehr oder weniger verschieden entwickelter Nebenkrone.

Narcissus L., Narcisse. Perigon präsentirtellerförmig, regelmässig; Nebenkrone glockenförmig, auf der inneren Seite die abwechselnd kürzeren Staubgefässe tragend.

N. poeticus L. Schaft einblüthig, zweischneidig; Nebenkrone roth und gelb mit gekerbtem Rande. Südeuropa, in unseren Gärten als wohlriechende Zierpflanze. Officinell waren früher die Zwiebelknollen, Bulbi Narcissi, das emetisch wirkende Narcitin enthaltend.
N. Pseudo-Narcissus L. Südeuropa; Blüthen betäubend riechend. Die sehr giftigen Zwiebelknollen waren früher als Radix Narcissi majoris s. Bulbocodii officinell.
Pancratium maritimum L. am Mittelmeer,
P. carolinianum L. und littorale Red. in Amerika, werden gleich der Scilla benutzt.

3. Alstroemarieae. Pflanzen mit Faserwurzeln; oberirdische Stengel entwickelt und beblättert; äusseres Perigon kelchartig, inneres blumenblattartig.
Auch aus dieser Gruppe sind keine officinellen Pflanzen zu erwähnen, doch liefern

Alstroemeria peregrina Pers., pulchella L. und einige andere Arten der Gattung, sowie
Bomaria edulis Herb. und Salsilla Mirba, sämmtlich in Südamerika einheimisch, in ihren stärkemehlreichen Wurzelfasern schätzenswerthe Nahrungsmittel.

4. Agaveae. Monocarpische, langlebige, zwiebellose Gewächse, mit rosettig gestellten, saftreichen, derben, oft dornig gezähnten Blättern, ansehnlichem, reichblüthigem, rispigem Blüthenschaft und hermaphroditischen, mit Hochblättern versehenen Blüthen.

Agave L., Agave, Maguey. Perigon regelmässig, röhrigtrichterig, sechstheilig; Staubgefässe sechs, dem Perigon eingefügt, mit pfriemlichen, nach innen sich öffnenden An-

theren; Fruchtknoten unterständig mit fadenförmigem Griffel und dreilappiger Narbe. Frucht eine verkehrt-eiförmige, dreifächerige, fachspaltig aufspringende, vielsamige Kapsel; Samen flach mit dünner, schwärzlicher testa.

A. americana L. Trägt nur einmal während ihres langen Lebens sehr wohlriechende, grüngelbe, an hohem, rispig-verästeltem Schafte Blüthen, um dann abzusterben. Im tropischen Amerika, Afrika, Ostindien, Mittelmeerregion, in unseren Gewächshäusern und wegen der Aehnlichkeit oft mit Aloë verwechselt. Die Würzel, Maguey-Wurzel, Radix Agaves, war früher officinell. Wichtiger sind die zähen Gefässbündel der mächtigen Blätter, welche auf die mannigfachste Weise technisch verarbeitet werden. Vor der Entwicklung des Blüthenschaftes enthält diese Art, nebst A. mexicana Lam. in Mexiko, A. prostrata Mart. in Brasilien, A. potatorum Zucc. in Mexiko u. a. m. eine Menge Saftes, der, durch Anbohren gewonnen, zur Bereitung des Nationalgetränkes, Pulque, der Mexikaner dient. Weitere Gespinnstpflanzen sind:
Fourcroya gigantea Vent. in Mexiko,
F. cubensis Jacq. in Brasilien, Cuba u. a.

Bromeliaceae Juss.

§. 220. Meist ausdauernde, stengellose Gewächse, mit steifen, dicken, rinnenförmigen, oft stechenden, dornig-gezähnten Blättern. Blüthen regel- oder unregelmässig in endständigen Aehren, Trauben oder Rispen, jegliche von einem ansehnlichen, gefärbten Deckblatte gestützt. Perigon verwachsenblätterig, aus zwei dreigliedrigen Blattkreisen bestehend, bald oberständig mit dem Fruchtknoten verwachsen, bald in normaler Weise frei. Staubgefässe sechs, mit zweifächerigen, nach innen sich öffnenden Antheren. Fruchtknoten dreifächerig, mit centralen Placenten und anatropen Samenknospen; Griffel einfach mit dreispaltiger Narbe. Frucht eine dreifächerige Kapsel oder Beere, mit eiweisshaltigen, stärkemehlreichen und mit lederartiger testa versehenen Samen nebst geradem oder gekrümmtem Keim.

Verbreitung: Eine dem tropischen und subtropischen Amerika fast ausschliesslich angehörige Familie, wo die Mehrzahl in den Wäldern auf Bäumen pseudoparasitisch wächst. Einzelne Arten haben sich in Ostindien und an der Westküste von Afrika eingebürgert.

Eigenschaften: In arzneilicher Beziehung sind dieselben von geringer Bedeutung; um so wichtiger sind die Früchte, zumal der Gattung Ananassa, die um ihres köstlichen Geruchs und Geschmacks willen allgemein in eigens dazu eingerichteten Gewächshäusern cultivirt werden.

Ananassa Lindl., Ananas. Kelchblätter fleischig, kürzer als das

korollartige Perigon; Frucht eine sogenannte Sammel- oder Haufenfrucht, hervorgegangen aus der Verwachsung sämmtlicher Beeren der dichten Aehre mit einander und mit ihren Hochblättern, wobei letztere eine umfangreiche und saftige Beschaffenheit annehmen. Der Gipfel des Blüthenstandes ist von einem rosettig angeordneten Laubschopf bekrönt, der abgenommen zu einer neuen selbstständigen Pflanze werden kann.

A. sativa Lindl. (Bromelia Ananas L.) Blätter meergrün, steif, fleischig, rinnig, etwas zurückgebogen, stachelspitzig, dornig-gezähnt. Bei den durch Cultur erzielten Sammelfrüchten bilden die Beeren in der Regel meist keine Samen. Das Aroma dieser vorzüglichen Früchte rührt von der Gegenwart buttersauren Aethyloxyds her. Aus den Fasern ihrer Blätter, wie auch von anderen Arten, werden die feinsten Gespinnste, Pita, bereitet.

Tillandsia usneoides L. in Südamerika, eine epiphytische Pflanze mit zahllosen, fadenförmigen Ausläufern, die ähnlich wie die Bartflechte, Usnea, von den Zweigen der Bäume herabhängen; sie kommen als Vegetabilisches Rosshaar, Auspolstermaterial, in den Handel.

Einige andere Arten dienen in ihrem Vaterlande zu medicinischen Zwecken.

Irideae Juss.

§. 221. Ausdauernde Kräuter mit meist knolligen Wurzelstöcken oder sogenannten Zwiebelknollen als Hauptachse, blattlosen oder beblätterten, über den Boden sich erhebenden Stengeln oder stengellos und nur Blätter und Blüthen aus der unterirdischen Axe entwickelnd. Blätter zweizeilig, oft abwechselnd, meist schwertförmig, reitend, seltener schmal, lineal, meist grundständig und mit sehr entwickelten Blattscheiden versehen. Blüthen hermaphroditisch, in Aehren oder Rispen, seltener einzeln, von dünnhäutigen, scheidenähnlichen Hochblättern umgeben. Perigon sechsgliederig, regel- oder unregelmässig, hinfällig. Staubgefässe drei, dem Grunde der äusseren Perigonglieder eingefügt, mit meist freien Staubfäden und zweifächerigen, in Längsspalten aufspringenden Antheren. Fruchtknoten dreifächerig, mit centralem Samenträger, vieleiigen Fächern, einem Griffel und drei meist blumenblattartigen Narben. Kapsel dreifächerig, dreiklappig, fachspaltig aufspringend. Samen zahlreich mit hornartigem oder fleischigem Eiweiss und achsenständigem Embryo.

Verbreitung: Die Irideen, eine an Gattungen und Arten zahlreiche Familie, sind mit Ausnahme der Polarzone über die ganze Erde verbreitet, jedoch vorzüglich in der wärmeren gemässigten und subtropischen Zone beider Hemisphären, in grösster Menge im Capland, zu Hause.

Eigenschaften: Die knolligen Wurzelstöcke enthalten, neben reichlichem Stärkemehl, ätherisches Oel und eine fette scharfe Substanz mit brechenerregender Wirkung. Die schöngefärbten Blumen zeichnen sich durch Wohlgerüche aus, so wie speciell die Narben des Safrans, die überdies einen altbekannten gelben Farbestoff enthalten.

Iris L., Schwertlilie. Perigon sechstheilig, röhrig, die drei inneren Zipfel aufrecht, die äusseren zurückgebogen. Narben blumenblattartig, zweilippig.

I. florentina L., Florentiner Schwertel. Blätter schwertförmig, Stengel armblüthig, häufig nur zwei; Scheiden krautig, nur am Rande trockenhäutig. Südeuropa. Officinell ist das geschälte Rhizom, Radix Iridis florentinae, und zwar stammt von dieser Art die grössere, bessere Livorneser Veilchenwurzel. Bestandtheile: Aetherisches Oel (veilchenähnlicher Geruch), scharfes Weichharz, Gummi, Amylum etc.

I. pallida Lam., blasse Schwertel, unterscheidet sich durch blassblaue Perigone, reichblüthigen Stengel und vollständig trockenhäutige Scheiden. In Südeuropa. Liefert die kleinere, schwächere Veroneser Veilchenwurzel.

I. germanica L., Deutsche Schwertel. Unterscheidet sich durch violette, mit gelblich weissen und bräunlichen Adern versehene Blüthen und durch von der Spitze bis zur Mitte trockenhäutige Scheiden. Südliches und mittleres Europa. Früher officinell als Radix Ireos nostratis.

I. Pseudacorus L., Wasserschwertel, mit gelbem Perigon an einem etwas zusammengedrückten, vielblüthigen Stengel; Wurzelstock horizontal, schwammig, innen röthlich. In Sümpfen und Wassergräben. Lieferte früher den falschen Kalmus, Radix Pseudacori.

Gladiolus L., Siegwurz. Perigon sechstheilig, unregelmässig, fast zweilippig; Narben oben blattartig ausgebreitet.

G. palustris Gaud., Sumpfsiegwurz. Blätter lineal-schwertförmig; Aehre einseitswendig, vier- bis sechsblüthig; Faserhaut der Zwiebelknollen netzartig gewebt; Blüthen purpurroth. Officinell sind hier und da noch die Zwiebelknollen, Radix Victorialis rotundi.

Crocus Tournef., Safran. Perigon regelmässig, trichterförmig, mit sehr langer Röhre; Saum sechstheilig, die äusseren Zipfel grösser. Narben drei, röhrig oder eingerollt, nach oben erweitert, eingeschnitten gekerbt, später herabhängend.

C. sativus L., ächter Safran. Knollzwiebel mit freifaseriger Schale; Perigon blau, im Schlunde gebartet, Narben dreitheilig, so lang als die Blüthenhülle, fast flach; Blüthenscheide zweiblätterig, das eine Blatt schmäler. Im Orient einheimisch, daselbst, sowie in Südeuropa, in Oestreich cultivirt. Die langen, röhrenförmigen, gelbrothen Narben geben abgezupft und getrocknet den officinellen Safran, Stigmata Crocis (orientalis). Bestandtheile: Crocin (Safrangelb), eigenthümliches gelbes Oel, Fett, Gummi, Traubenzucker.

Dritte Gruppe. Glumaceae.

Monocotyledonische Pflanzen mit ährigem, traubigem oder rispigem Blüthenstande; Blüthen hermaphroditisch oder diclinisch, in den Achseln von schuppigen oder spreuigen Deckblättchen (Balg- oder Spelzklappen) sitzend. Perigon sehr unvollständig, aus Schuppen, Borsten oder Haaren bestehend, oft ganz fehlend. Blätter meist schmal, linienförmig, mit langen, röhrigen oder an der Seite gespaltenen Scheiden, mit oft eigenthümlicher Nebenblattbildung (ligula). Fruchtknoten frei, einfächerig, eineiig. Frucht eine einsamige Cariopse. Same eiweissreich. Keim gerade, im Grunde des Eiweisses oder ausserhalb desselben liegend.

Gramineae.

§. 222. Einjährige oder perennirende, selten baumartige Kräuter mit verkümmerter Hauptwurzel, sehr entwickelten Nebenwurzeln oder mit kriechendem, gegliedertem Wurzelstocke, aus dessen wurzelnden Internodien die Triebe hervortreten. Stengel (Halm) röhrig, knotig-gegliedert, stielrund oder zusammengedrückt. Blätter abwechselnd, zweizeilig, lineal, einfach parallelnervig. Der Scheidentheil des Blattes ist sehr entwickelt, zumeist der Länge nach gespalten, selten ist ein Blattstiel vorhanden. Die innere Haut der Scheide tritt gewöhnlich als Blatthäutchen am Grunde der Blattfläche hervor. Blüthen in der Regel zwitterig, seltener eingeschlechtig, in zusammengesetzten Aehren, Trauben, Rispen oder Kolben. Die Hauptaxe trägt die ein- bis zwei- bis vielblüthigen Aehrchen (spicula), zunächst gebildet aus dachigen, häutigen Deckschuppen (Spelzen, Kronspelzen, paleae), von welchen zwei zu einer Blüthe gehören. Man unterscheidet untere (äussere) und obere (innere) Spelzen. Die letzteren sind etwas höher eingefügt, meist zarter und kleiner. Die Spelzen, zumal die unteren, sind häufig begrannt. Als Granne (arista) betrachtet man einen frei werdenden, erhärtenden Nerv, welcher entweder am Grunde oder vom Rücken oder von der Spitze der Spelzen ausgeht. Jedes Aehrchen wird am Grunde von meist zwei (seltener einer) den Spelzen ähnlichen Deckschuppen (Balgklappen, Kelchspelzen, glumae) umgeben, welche letztere jedoch als Aehrchendeckblätter keine Blüthe direkt umschliessen. Auch hier unterscheidet man obere und untere Balgklappen, doch kommt bei ihnen die Begrannung seltener vor. In sehr wenigen Fällen fehlen die Balgklappen. Die Blüthendecken sind entweder vollständig abortirt oder nur durch zwei bis drei kleine weissliche, dünnhäutige Schüppchen (Perigonschuppen, Kronschüppchen, lodiculae) am Grunde des Frucht-

knotens angedeutet. Staubgefässe meist drei, dem Blüthenboden eingefügt, seltener zwei bis sechs, Staubfäden sehr dünn, höchstens am Grunde etwas verwachsen, Antheren in der Mitte mit dem Staubfaden verbunden, an beiden Enden ausgeschnitten. Fruchtknoten frei, einfächerig, zumeist aus zwei, selten einem oder drei Fruchtblättern gebildet und dem entsprechend mit zwei, drei oder einer Narbe versehen. Die Narben sind in der Regel federig, hier und da fadenförmig oder dicht mit Haaren besetzt (sprengwedelig) und zumeist dem Gipfel des Fruchtknotens eingefügt. Die einzige anatrope Samenknospe ist im Grunde des Fruchtknotens befestigt. Frucht nussartig (cariopsis), frei oder mit Spelzen und mit Balgklappen verwachsen, meist sehr dünnhäutig und den Samen innig umschliessend. Same eiweissreich (Amylum und stickstoffhaltige Verbindungen) mit seitlichem Keim und schildförmigem Samenlappen.

Verbreitung: Die Gräser, eine der grössten Familien des Gewächsreiches (über 5000 Arten), sind über die ganze Erdoberfläche verbreitet, jedoch besonders in der gemässigten und kalten Zone einheimisch, wo sie durch ihren grossen Individuenreichthum, ihre zahlreichen Arten und ihr geselliges Vorkommen fast ausschliesslich unsere süssen Wiesen zusammensetzen; besonders sind es wieder die rhizombildenden Gräser, die in Folge ihrer büschelig gestellten Blätter vorzüglich zur Rasenbildung beitragen. Die meisten Gräser sind niedrige Gewächse, die grössten Halme erreichen bei uns Mannshöhe. — Anders gestaltet sich die Sache in den Tropen, wo wirklich baumartige Species, wie die Bambusen und verästelte Halme häufig vorkommen; dabei bilden sie jedoch keine grösseren Wiesenflächen, sondern besitzen ein mehr vereinzeltes Vorkommen.

Eigenschaften: Die Gräser sind den Menschen, besonders den Bewohnern der aussertropischen Regionen, die wichtigste Pflanzenfamilie, theils wegen ihrer Halme und Blätter, die unseren wichtigsten Hausthieren die hauptsächlichste Nahrung abgeben (Heu), theils wegen ihrer stärkemehlreichen Samen, die das Mehl und Brod liefern (Cerealien). In chemischer Hinsicht sind die Gräser durch ihren bedeutenden Gehalt an Kieselerde und Zucker ausgezeichnet; durch letzteren wird das Zuckerrohr zu einer sehr wichtigen Culturpflanze. Einige Gräser enthalten auch in den Rhizomen ätherische Oele und Arzneistoffe, Coumarin in den Blüthen, und von nur wenigen werden ausschliesslich narkotische Eigenschaften berichtet.

1. Oryzeae Kth. Aehrchen bald ein-, bald zwei- bis dreiblüthig, untere Blüthe unfruchtbar; Balgklappen sehr klein oder abortirt; Spelzklappen papierartig, rauh; Blüthen oft mit sechs Staubgefässen. Tropische Gräser.

Oryza L., Reis. Aehrchen einblüthig; Kelchspelzen sehr klein; Kronspelzen lederartig, die äusseren häufig begrannt, die inneren zugespitzt; Staubgefässe sechs; Cariopse gelb oder bräunlich, spelzrindig.

O. sativa L., Gemeiner Reis. Rispe zusammengezogen, zerstreut ästig, schärflich, aufwärts gerichtet. In Ostindien einheimisch, in allen heissen und wärmeren Gegenden, bei natürlicher oder künstlicher Bewässerung als landwirthschaftliche Culturpflanze verbreitet. In Europa, in Oberitalien und Ungarn, mit Erfolg angebaut. Wohl die wichtigste Getreideart, da beinahe die Hälfte der Menschheit davon lebt. Die Samen, Semen Oryzae, sind an einigen Orten noch officinell, sie enthalten 30—85 Procent einer sehr feinen Stärke, Amylum Oryzae; durch Gährung erhält man ein gutes Bier und durch Destillation den Arac. In Canada, Südcarolina und Westindien werden statt des Reises die Früchte einer anderen Graminee geerntet. Zizania palustris L., Wasserreis, Canadareis.

2. **Olyreae** Nees. Monoecische Gräser, deren verschiedenartige männliche und weibliche Blüthenstände vollständig von einander getrennt sind. Männliche Aehrchen zweiblüthig, weibliche ein- bis zweiblüthig. Spelzklappen stumpf, unbegrannt. Griffel einer, mit zwei verlängerten Narben.

Zea L., Mais. Männliche Aehrchen endständig, in Rispen, zweiblüthig; weibliche achselständig, von Scheiden umschlossen. zweiblüthig; Griffel sehr lang, hängend; Früchte rundlich-nierenförmig, kolbenartig zusammengehäuft.

Z. Mais L., Welschkorn, türkischer Weizen. Weibliche Kolben achselständig, von Scheiden umhüllt; männliche Rispe gipfelständig, ausgebreitet. Aus Südamerika stammend, der stärkemehlreichen Körner wegen und als Grünfutter häufig gebaut.

3. **Andropogoneae** Kth. Aehrchen paarweise, das eine gestielt, das andere sitzend, einblüthig, mit einer unteren männlichen oder rudimentären Blüthe. Spelzklappen dünnhäutig, zart oder durchscheinend, Narben dicht mit Haaren besetzt, an den Seiten der Spelzen hervortretend. Blüthenstand rispig oder aus fingerförmig gestellten, seltener einzelnen Aehren bestehend.

Saccharum L., Zuckerrohr. Aehrchen zweiblüthig, die eine Blüthe sitzend, die andere gestielt, von langen seidenartigen Haaren umgeben; Kronspelzen sehr kurz, unbegrannt, durchscheinend; Narbe borstig behaart; Caryopsen frei.

S. officinarum L. Rispe sehr verästelt, mit büschelig ausgebreiteten Aesten; Kelchspelzen spitz, oval, dreinervig. Das eigentliche Vaterland dieses wichtigen, grossen, ausdauernden Culturgewächses ist, wie das der meisten Cerealien, nicht genau bekannt, wahrscheinlich ist es das mittlere Asien. Seine Cultur ist gegenwärtig über alle

Tropengegenden beider Hemisphären verbreitet, besonders aber in Ost- und Westindien wie in Brasilien zu Hause. Auch in den subtropischen Gegenden, wie Madeira, ja selbst im südlichen Europa, Südspanien, Unteritalien, Sicilien, wird Zuckerrohr gebaut. Der Rohrzucker, Saccharum, wird aus dem Marke (also nicht hohler) bis 18' hoher und 30'' dicker Halme durch Pressen gewonnen; der nicht krystallisirende Rückstand ist als Melasse bekannt und dient zur Bereitung des Rums. In China cultivirt man zwei andere Arten, S. chinense Roxb., mit zweizeilig gestellten und am vorderen Rande stacheligen Blättern, und S. fasciolatum Tuss.

Sorghum Mich., Moorhirse. Aehrchen zu zwei bis drei, eiförmig; die mittleren zwitterig, sitzend, von Haaren umgeben, zweiblüthig; die männlichen gestielt, einblüthig; Kelchspelzen knorpelig, lederartig, die äusseren fast dreizähnig; Kronspelzen dünnhäutig, äussere zweitheilig mit gedrehter dazwischen hervortretender Granne. Caryopse spelzrindig.

S. vulgare Pers., Kaffernhirse. Rispe gedrängt; Kronspelzen der Zwitterblüthen oben gezähnelt, schwach behaart. Ebenso S. saccharatum Poir. Dhurra; beide ursprünglich in Ostindien einheimisch und daselbst sowie in Nordamerika, Afrika und Europa als landwirthschaftliche Culturpflanzen, zur Zuckerbereitung, Spiritusfabrikation, als Grünfutter oder der mehlreichen Samen wegen häufig gebaut.

Andropogon L., Bartgras. Aehrchen von langen Haaren umgeben, sehr schmal, die gipfelständigen gedreit, das mittlere sitzend, zwitterig, die äusseren gestielt, männlich.

A. Schoenanthus L., wohlriechendes Bartgras. Spindel und Aehrchen behaart, gipfelständige Aehrchen zu zwei, abstehend; fertile Blüthen mit einer geknieten Granne; Blattscheiden kürzer als die Internodien; Blätter flach, am Rande schärflich. Im südlichen Asien. Das Kraut, Herba Schoenanthi s. Junci odorati, kam seiner aromatischen Bestandtheile wegen früher im Handel vor.

A. muricatus Retz. in Ostindien, liefert die früher officinelle, jetzt nur noch als Kaumittel verwendete Vetiver-Wurzel, Radix Vetiveriae s. Iwarancusae.

A. Nardus L., A. pachnodes Retz., A. Martini Roxb., A. citratus DC. und andere in Ostindien einheimische, durch wohlriechende, ätherische Oele ausgezeichnete Gräser finden in ihrem Vaterlande medicinische Verwendung. Das aus derselben gewonnene, dem Rosenöl im Geruch ähnliche ätherische Oel (Ydris-Geraniumöl) gelangt von Bombay nach Konstantinopel zur Verfälschung des ächten Rosenöls.

4. Phalarideae Kth. Aehrchen bald einblüthig, mit oder ohne Rudiment einer zweiten Blüthe, bald zwei- bis dreiblüthig, meist nur die oberste fruchtbar. Narben meist verlängert, aus der Spitze der Blüthe hervortretend. Aehrchen in Rispen.

Phalaris L., Glanzgras. Aehrchen einblüthig, verkehrt-

eiförmig; Kelchspelzen länger als die Blüthe, gekielt, auf dem Kiele häufig mit breitem, ganzrandigem Flügel versehen; Kronspelzen nicht begrannt, knorpelig; am Grunde der Schüppchen finden sich noch zwei rudimentäre Blüthenansätze; Cariopse eirund, spelzrindig, weissgelblich, glänzend.

Ph. canariensis L., Canariengras. Blätter lineal-lanzettlich, zugespitzt, wie auch die Blattscheiden scharf; Rispe eirund, mit kurzen Aestchen; Kelchspelzen geflügelt. Canarische Inseln, Südeuropa. Officinell waren früher die Früchte, Semen canariense (Vogelfutter).

Anthoxanthum L., Melilotten-Ruchgras. Aehrchen dreiblüthig, Kelchspelzen sehr ungleich; mittleres Blüthchen mit zwei Kronspelzen, unbegrannt, zwitterig, ohne Perigonschüppchen und mit zwei Staubgefässen; die beiden unteren Blüthchen begrannt, mit einer Kronspelze, geschlechtslos; Caryopse spelzrindig.

A. odoratum L. Scheiden und Halm kahl; Blätter behaart. Wohlriechendes, in Wäldern und auf Wiesen verbreitetes Gras; enthält Toncasäure.

In diese Abtheilung gehören einige vorzügliche Wiesenfuttergräser: Alopecurus pratensis L., Phleum pratense L. und Holcus lanatus L.

5. Paniceae Kth. Aehrchen zweiblüthig, die unterste Blüthe unfruchtbar; Balgklappen meist drei, die unterste viel kleiner als die beiden oberen Spelzklappen, mehr oder weniger leder- oder papierartig. Narbe aus der Spitze hervorragend. Rispengräser.

Panicum L., Hirse. Aehrchen zweiblüthig; obere Blüthe mit zwei knorpeligen Kronspelzen, zwitterig, unten männlich oder geschlechtslos, zuweilen nur mit einer oder mit zwei sehr ungleichen, häutigen Kronspelzen, alle unbegrannt.

P. miliaceum L. Rispe überhängend, locker, mit eirund-spitzigen Aehrchen; Blätter und Blattscheiden haarig. Aus Mittelasien stammend. Der stärkemehlreichen Samen wegen eine allgemein verbreitete landwirthschaftliche Culturpflanze. Semen Panici s. Milii. Zahlreiche weitere Arten sind in Südamerika, Ostindien und Afrika Nutzpflanzen.

Ebenso Setaria italica P. B., Kolbenhirse, in Südeuropa, Penicillaria spicata Willd. in Ostindien und Aegypten.

6. Arundinaceae Kth. Aehrchen bald einblüthig, mit oder ohne Rudiment einer oberen Blüthe, bald mehrblüthig, meist am Grunde von längeren Haaren umgeben. Spelzklappen dünnhäutig. Narben federartig, am Grunde des Aehrchens hervortretend. Rispengräser.

Arundo L., Pfahlrohr. Aehrchen zwei- bis siebenblüthig; äussere Kronspelze dreispitzig begrannt, mittlere Spitze lang ausgezogen, borstig, Cariopse nackt.

A. Donax L. Rispe sehr verästelt, abstehend, überhängend; Aehrchen dreiblüthig; äussere Kronspelze am Rücken lang behaart. In stehenden Gewässern Südeuropas und Nordafrikas; das grösste der europäischen Gräser mit bis 12' hohen Halmen, die technische Verwendung finden. Das Rhizom war früher officinell, Radix Arundinis s. Donacis s. Cannae Cargannae.

7. Avenaceae Kth. Aehrchen zwei- bis vielblüthig. Spelzklappen dünnhäutig, die untere meist begrannt. Granne oft rückenständig, gedreht oder gekniet. Narben federförmig; am Grunde der Aehrchen hervortretend. Rispengräser.

Avena L., Hafer. Aehrchen zweiblüthig, Blüthchen entfernt stehend; Kelchspelzen so lang oder länger als die Blüthen. Aeussere Kronspelze doppelt gezähnt, am Rücken mit einer zurückgebogenen, gekrümmten, unten gedrehten Granne versehen; Cariopse spelzrindig oder frei.

A. sativa L., gemeiner Hafer. Rispe abstehend, mit hängenden, zweiblüthigen Aehrchen; äussere Kelchspelze kahl, acht- bis neunnervig; das untere Blüthchen begrannt, das obere nicht (var. aristata) oder beide unbegrannt (var. mutica); äussere Kronspelze an der Spitze gespalten, nicht begrannt; Cariopse fein behaart, spelzrindig, an der Spitze gebartet. Officinell ist mitunter noch die Hafergraupe, Avena excorticata. Vaterland unbekannt; eine landwirthschaftliche Culturpflanze, die bis zum 66° n. B. reicht.

In diese Abtheilung gehören als wichtige Futtergräser ausser A. pratensis L. und A. flavescens L., die Aira-Arten und Arrhenatherum elatius M. et K., französisches Raygras.

8. Festucaceae Nees. Aehrchen zwei- bis vielblüthig. Spelzklappen dünnhäutig-krautig, unbegrannt oder begrannt, Granne gerade oder gebogen, aber nicht gedreht. Narben federförmig, am Grunde oder an den Seiten der Spelzen hervortretend. Rispe zuweilen mehr oder weniger ährenförmig zusammengezogen.

Diese Abtheilung enthält in grosser Anzahl vorzügliche Futterkräuter. Von

Poa pratensis L., P. trivialis L., P. fertilis L.
Briza media L., Zittergras.
Dactylis glomerata L., Knäuelgras.
Festuca elatior L., Schwingel.
Bromus erectus Huds, Trespe.
Eragrostris abyssinica Link. Teff. — Abyssinien — sind allgemein die mehlreichen Samen als Nahrungsmittel im Gebrauch.
Glyceria fluitans R. Br., Mannagrütze, Schwaden. Die Sa-

men dienen hier und da noch als Nahrungsmittel und waren frühe officinell, Semen Graminis Mannae.

9. Bambuseae Nees. Aehrchen vielblüthig, aber durch Verkümmerung der unteren Blüthen einblüthig, am Grunde von leeren Spelzklappen umgeben. Spelzklappen krautig-pergamentartig, unbegrannt oder weichstachelig. Perigonschüppchen meist drei, Staubgefässe sechs, seltener drei. Tropische baum- oder strauchartige Gräser mit oft verzweigten Halmen.

Bambusa arundinacea Willd., Bambusrohr. Halm holzig, kahl, unbewehrt, oft 60' hoch werdend; Aehrchen sitzend in wechselständigen Büscheln, meist sechsblüthig; Blätter zweizeilig, länglich-lanzettlich zugespitzt, am Grunde abgerundet, über der Scheide in ein kurzes Stielchen verschmälert. In Ostindien, China, Java, Südamerika einheimisch. Die harten, holzigen Halme dieser und anderer Arten dienen zu verschiedenen technischen Zwecken wie zum Häuserbau; in den Internodien bilden sich grosse Concretionen von Kieselerde, die unter dem Namen Tabaschir im Orient als Amulette getragen und als Arzneimittel angewendet werden. Die jungen Sprossen werden verspeist.

10. Hordeaceae Godr. Aehrchen zwei bis drei, selten mehr, den zahnförmigen Vorsprüngen der Spindel eingefügt, ein- bis mehrblüthig. Narben federförmig, am Grunde der Spelzklappen hervortretend. Aehrengräser.

Hordeum L., Gerste. Aehrchen zu drei und zwar entweder alle zwitterig, oder die seitlichen männlich oder steril, einblüthig mit einer zweiten rudimentären Blüthe; Kelchspelzen pfriemlich, schmal; Kronspelzen zwei, die äussere, vordere, an der Spitze lang begrannt; Cariopse spelzrindig, selten frei, nach oben behaart.

H. vulgare L., gemeine Gerste, Sommergerste. Aehre verlängert, alle Aehrchen zwitterig; die fruchttragende Aehre überhängend, vierseitig; Früchte sechszeilig, die vier seitlichen Reihen etwas vorspringend. Officinell sind die Früchte als rohe Gerste, Hordeum crudum; ebenso geschält, Gerstengraupen, Perlgerste, Hordeum perlatum, und die gekeimte Gerste, Malz, Maltum Hordei. Vaterland unbekannt, landwirthschaftliche Culturpflanze, bis zum 70° n. B. reichend. Ferner werden noch angebaut:

H. distichon L., Zweizeilige Gerste.
H. hexastichum L., Sechszeilige oder Wintergerste.
H. Zeocrithon L., Reis-, Bart-, Pfauen- oder Fächergerste.

11. Triticeae Godr. Aehrchen einzeln an den zahnförmigen Vorsprüngen der Spindel, zwei- bis mehrblüthig. Narben federförmig, am Grunde der Spelzklappen hervortretend. Aehrengräser.

Secale L., Roggen, Korn. Aehrchen einzeln, zweiblüthig mit

einer dritten, rudimentären Blüthe; Kelchspelzen zwei, pfriemlich, schmal; untere Kronspelze lang begrannt; Cariopse nicht spelzrindig.

S. cereale L., gemeiner Roggen. Spindel zähe; Kelchspelzen nicht so lang als die Aehrchen; Kronspelzen am Kiele borstig gewimpert. Vaterland unbekannt, angeblich aus Kleinasien. Landwirthschaftliche Culturpflanze bis zum 65° n. B. Wird häufig von einem Pilze, dem sogenannten Mutterkorn, heimgesucht. (Siehe Pilze.)

Triticum Beauv., Weizen. Aehren drei- bis vielblüthig, mit der breiten Fläche der Achse zugewendet; Kelchspelzen länglich, eiförmig, bauchig; Fruchtknoten an der Spitze schopfig behaart; Cariopse frei oder spelzrindig.

T. vulgare Vill., gemeiner Weizen. Aehre vierseitig; Aehrchen vierblüthig; Kelchspelzen nach der Spitze zu gekielt und zusammengedrückt, eirund, stachelspitzig; Kronspelzen begrannt (var. aestivum) oder unbegrannt (var. hibernum); Cariopse frei, aus den Spelzen ausfallend, Spindel zähe. Officinell ist das Stärkemehl, Amylum Tritici. Vaterland unbekannt. Landwirthschaftliche Culturpflanze. Das Gleiche gilt von

T. Spelta L., Spelz, Dinkel. Aehre undeutlich vierseitig, schlaff, locker, parallel mit der Fläche der Spindel zusammengedrückt; Aehrchen vierblüthig; Kelchspelzen breit, abgestutzt, eiförmig, mit einem stärkeren und schwächeren Zahn; Cariopse spelzrindig; Spindel brüchig. Mehr im südlichen Deutschland verbreitet.

T. monococcum L., Einkorn.

T. dicoccum Schrk., Emmer.

T. turgidum L., Englischer Weizen (Mumienweizen!).

T. durum Desf., Bartweizen, in Italien gebaut, sowie T. polonicum L.

T. repens L. (Agropyrum repens Beauv.), Quecke. Halm nach oben schärflich, mit langem Rhizom; Blätter oberseits schärflich; Aehrchen etwas entfernt, fast fünfblüthig. Durch ganz Europa verbreitetes, lästiges Unkraut. Officinell ist das Rhizom, Radix Graminis. Hauptbestandtheil ist Zucker, Stärkemehl fehlt gänzlich, was vor möglichen Verwechslungen schützen dürfte.

Lolium L., Lolch. Aehrchen einzeln, vielblüthig, mit dem Rücken der Spindel zugekehrt; Kelchspelzen zwei, die innere am Kiele fein gewimpert oder getheilt, an seitlichen Aehrchen häufig fehlend; Cariopse glatt, spelzrindig.

L. temulentum L., Taumellolch. Halm nach oben schärflich; Aehrchen fünf- bis siebenblüthig, kürzer als die Kelchspelzen; Blüthchen elliptisch, lang begrannt. Lästiges Unkraut im Getreide. Die kleinen, glänzenden Früchte haben narkotische Wirkung (Loliin).

L. perenne L., Lolch, englisches Raygras. Futtergras.

Cyperaceae DC.

§. 223. Einjährige oder häufig ausdauernde Kräuter von grasartigem Habitus mit oft kriechenden Wurzelstöcken, meist

dreikantigen, knotenlosen Halmen, oft sehr scharfrandigen Blättern und völlig geschlossenen Blattscheiden. Blüthen ziemlich unvollständig, zwitterig oder monoecisch, seltener dioecisch, von ein bis zwei spelzenartigen Deckschuppen umgeben, zunächst zu ährenartigen Blüthenständen vereinigt. Perigon oft völlig fehlend oder aus zwei bis mehreren Schuppen oder Borsten gebildet, oder auch aus zwei Schuppen bestehend, welche schlauchartig den Fruchtknoten innig umschliessen und mit demselben verwachsen. Staubgefässe meist drei, seltener zwei, mit aufrecht am Staubfaden angewachsenen, an der Spitze und am Grunde abgerundeten Antheren. Fruchtknoten oberständig, einfächerig, aus zwei bis drei Fruchtblättern gebildet, mit einem Griffel und zwei bis drei Narben. Samenknospe eine, anatrop, im Grunde der Fruchtknotenhöhle befestigt. Frucht nussartig (Cariopse), zusammengedrückt oder dreikantig, zuweilen von den Resten des verkümmerten oder haarförmig ausgewachsenen Perigons umgeben, bei Carex von dem an seinen Rändern zu einem flaschenförmigen Schlauch (utriculus) verwachsenen Spelzblatt bei der Fruchtreife gänzlich eingeschlossen und mit demselben abfallend. Same mit der Frucht gewöhnlich verwachsend, eiweisshaltig und mit sehr kleinem, im Grunde des reichlichen, mehligen Eiweisses eingeschlossenem Keim.

Verbreitung: Die Halbgräser sind in der gleichen Weise wie die ächten Gräser, wenn auch nicht ganz so zahlreich an Geschlechtern, über die ganze Erde verbreitet. Der Mehrzahl nach sind sie wasser- oder sumpfliebende, gesellige Gewächse, die in den kälteren Regionen oft den grössten Theil der Vegetation ausmachen. Im feuchten, humusreichen Boden der tropischen Urwälder und an den Ufern der Flüsse in den heissen Gegenden gedeihen sie ebenso gut wie bei uns.

Eigenschaften: Für den Menschen sind die Scheingräser von geringem Nutzen, weil sie keinen Zucker in ihren Halmen und Blättern und nur verhältnissmässig wenig Stärkemehl in ihren Rhizomen und Samen enthalten. Sie besitzen eine gewisse Schärfe und Härte in Folge ihres starken Kieselerdegehaltes, weswegen die sogenannten Rietgräser als schlechte Futtergräser (saure Wiesen) bezeichnet werden. Aromatische Bestandtheile sind in einigen Wurzelstöcken nachgewiesen.

Carex L., Segge. Blüthen meist monoecisch, entweder in einem mehrblüthigen Aehrchen oder in getrennten Aehrchen, seltener dioecisch; Deckschuppen allseitig dachig; Staubgefässe drei; Fruchtknoten von einem häutigen, flaschenartigen, oft geschnäbelten, Schlauch umgeben, welcher als sogenannter Fruchtschlauch völlig mit der Frucht verwächst;

Narben zwei bis drei, aus der Mündung des Schlauchs hervortretend; Cariopse dreiseitig.

C. arenaria L., Sandsegge. Wurzelstock kriechend, halmartig gegliedert, mit Schuppen versehen, an den Gelenken faserig; Rinde mit grossen, luftführenden Kanälen durchsetzt, daher leicht zusammendrückbar; Aehrchen gedrängt, wechselständig, die oberen männlich, die mittleren zwitterig, die unteren weiblich; Griffel zweispaltig; Fruchtschläuche kahl, an der Spitze zweizähnig, geflügelt, gewimpert. Auf Sandfeldern. Officinell sind die Wurzelstöcke, Radix caricis arenariae. Bestandtheile: Neben Spuren eines ätherischen Oeles ein Weichharz, einen kratzenden Extractivstoff, Gummi, Amylum etc.

C. intermedia Good. (C. disticha Huds.), Mittelmännige Segge. Wurzelstock mit faserig-zerschlitzten Scheiden; Rinde mit radial gestreuten Luftkanälen; untere und obere Aehrchen weiblich, mittlere männlich; Griffel zweispaltig; Fruchtschlauch ungeflügelt, kahl, in einem kurz gespaltenen, scharfrandigen Schnabel endend. An Ufern, auf feuchten Wiesen.

C. hirta L., kurzhaarige Segge. Scheiden des Wurzelstocks bis zum Grunde faserig-zerschlitzt und wie die Blätter behaart; Rinde ohne Luftlücken; die zwei oder drei obersten Aehrchen männlich, die unteren winkelständig, weiblich; Griffel dreispaltig; Fruchtschlauch grau, kurz behaart. Auf feuchten Triften, Sandflächen, Wiesen, an Ufern. Die Rhizome beider können mit denen von C. arenaria verwechselt werden, unterscheiden sich aber durch die fehlenden oder radial gestreckten Luftgänge.

Cyperus L., Cyperngras. Blüthen zwitterig; Deckschuppen zweizeilig; Aehrchen zweizeilig, vielblüthig, zusammengedrückt, in Trugdolden oder Knäueln; Perigon fehlt; Staubgefässe zwei bis drei; Griffel mit drei Narben; Cariopsen eiförmig, nur von dem Deckblatte bedeckt.

C. longus L. Wurzelstock kriechend; Blüthenstand doldenartig, aus fünf bis elf linealen Aehrchen bestehend, welche von einer vier- bis sechsblätterigen, sehr langen Hülle umgeben sind. In Sümpfen Südeuropas. Officinell war früher der aromatisch bittere, schwach adstringirende Wurzelstock, Radix Cyperi longi s. europaei s. odorati s. Galangae silvestris.

C. rotundus L. Wurzelstock kriechend, mit eiförmigen, geringelten unterirdischen Sprossen, die als Radix Cyperi rotundi officinell waren. Ursprünglich in Ostindien zu Hause, mit ingwerartigem, bitterlichem Geschmack.

C. esculentus L. Im Orient, in Nordafrika und in Südeuropa einheimisch und daselbst als Nahrungspflanze wegen der knollig-verdickten Anschwellungen des Wurzelstocks, der reichlich Stärkemehl und fettes Oel enthält, cultivirt.

C. Papyrus L. (Papyrus antiquorum Willd.), Papierstaude, in Aegypten, auf Sicilien. Die Benutzung des Markes der Halme zur Papierbereitung reicht in die ersten Jahrhunderte unserer Zeitrechnung zurück.

C. textilis Thbg. Die Halme dieser am Cap einheimischen Art werden zu Geweben und Flechtwerk verarbeitet.

2. Gymnospermia (Nacktsamige).

Ausser den unwesentlichen Blüthentheilen fehlen den hierher gehörigen phanerogamischen Pflanzen sogar die Pistille, in Folge dessen sie auch ohne eigentliche Früchte sind. Die sonst an centralen oder wandständigen Placenten der sie umhüllenden Fruchtblätter sich entwickelnden Samenknospen sind nackt, d. h. ohne fruchtartige Umhüllung, in der Achsel oder an den Rändern offener, nicht geschlossener, stets narbenloser sogenannter Fruchtblätter (blattartige Schuppen), seltener ganz frei, auf einem besonderen verkürzten Zweige, gipfelständig. Der Blüthenstaub gelangt also ohne Vermittlung von Narbe, Griffelkanal und Fruchtknotenhöhle direct auf die Samenknospe. Der in derselben sich befindliche Embryosack ist schon vor der Befruchtung mit Endosperm erfüllt, und einige dieser Endospermzellen werden zu sogenannten corpuscula, deren Inhalt sich mit dem des Pollenschlauchendes vereinigen muss, wenn wirkliche Embryobildung erfolgen soll. Der Keim hat zwei oder mehrere Keimblätter.

Coniferae Juss.

§. 224. Bäume, oft von sehr bedeutender Grösse, mit ästigem Stamme, oder Sträucher. Aeste quirlförmig gestellt oder zerstreut stehend. Blätter (bei unseren einheimischen Arten sogenannte Nadeln) bald gegenständig oder quirlig, bald abwechselnd oder zweizeilig, bald einzeln, bald büschelig, oft schuppenförmig entwickelt und sich dachziegelig deckend, häufig nadelartig, derb, lederartig, schmal, spitz oder ausgerandet, seltener breit oder flächenartig ausgebreitet, selten nur eine Vegetationsperiode aushaltend, meist mehrjährig. Blüthen monoecisch oder dioecisch, ohne Blüthendecken. Männliche Blüthen kätzchenartig zusammengestellt ohne Deckblätter, theils end-, theils achselständig, aus mehreren am Grunde in ein Säulchen verwachsenen, schuppen- oder schildförmigen Staubgefässen gebildet, bald einzeln, bald zahlreich zusammengedrängt. Antheren zwei- bis mehrfächerig, meist an der Spitze von dem schuppen- oder schildförmigen Mittelbande überragt. Weibliche Blüthen in achsel- oder gipfelständigen Kätzchen vereinigt oder einzeln an der Spitze von verkürzten Zweigen. Die ganze Blüthe besteht aus einer, zwei oder mehreren nackten Samenknospen, die am Grunde von

schuppenförmigen, offenen, narbenlosen, meist dachig übereinander gestellten, fruchtblattartigen Blättern sitzen oder auch derselben gänzlich entbehren. Diese fruchtblattartigen Deckschuppen machen einen Reifungsprocess durch, verwachsen öfters miteinander, um sich später hier und da wieder zu trennen; es entsteht daraus der sogenannte Zapfen (strobilus), der beerenartig aussehen kann, oder der Beerenzapfen (galbulus). Samen meist trockenschalig, zuweilen von flügelartigem oder saftigem Anhange umgeben, stets einen geraden, centralen Keim enthaltend. Der Keim besitzt zwei bis zahlreiche gegenständige oder wirtelförmige, sich beim Keimen über den Boden erhebende Keimblätter.

Verbreitung: Diese grosse und ausgezeichnete Familie, welche allein noch die fast gänzlich ausgestorbene Klasse der Gymnospermen in der gegenwärtigen Vegetation repräsentirt, ist über die ganze Erde, von den Grenzen des ewigen Schnees und dem äussersten Norden bis zu den heissen Gegenden des Südens hin, verbreitet. In Europa und Nordamerika bilden dieselben oft grosse Waldbestände, die der Mehrzahl nach in die Abtheilung der Abietineen gehören, während die Cupressineen in Asien zumeist vertreten sind. Afrika und Australien haben verhältnissmässig die wenigsten aufzuweisen.

Eigenschaften: Allgemein verbreitet ist die Absonderung von Harzen, die sich in von besonderen Zellen umgebenen Gängen aufspeichern. In den Samen enthalten die Endospermzellen fettes, hier und da ätherisches Oel; im Winter findet sich Stärkemehl als Reservestoff in dem Parenchym der Rinde und den Markstrahlen. Giftige Eigenschaften besitzen einige wenige, so z. B. unser Eibenbaum. Von hohem Interesse ist in anatomischer Beziehung das Fehlen der Gefässe, die nur an der Markscheide auftreten, und das Vorhandensein der behoften Tüpfel, die allen Holzzellen zukommen; in physiologischer Beziehung die Theilung im Pollenkorn in Tochterzellen, von denen eine zum Pollenschlauch auswächst, und das Auftreten von Archegonien im Embryosack, der sich schon vor der Befruchtung mit Endospermzellen erfüllt und so, als Vorkeim aufgefasst, den deutlichen Beweis liefert, dass die Gymnospermen die Mitte zwischen den Phanerogamen und Kryptogamen einnehmen.

1. Cupressineae Endl. Bäume oder Sträucher mit abwechselnden oder wirtelständigen, bald nadel-, bald schuppenförmigen, dachziegelig sich deckenden, perennirenden Blättern. Blüthen monoecisch oder dioecisch, Kätzchen bildend. Männliche Kätzchen von dachigen Schuppen gestützt und aus mehreren zu einem Säulchen verwachsenen Staubgefässen, deren Spitze ein schildförmiges Mittelband trägt.

bestehend. An der Unterseite des Mittelbandes sitzen vier bis zwölf der Länge nach aufspringende Antherenfächer mit kugeligem Blüthenstaub. Samenknospen einzeln oder zu zwei oder mehreren, gerade, an der Spitze mit mehr oder weniger verlängertem Knospenmunde, von schuppenförmigen, dachig oder, seltener, wirtelig gestellten, zur Blüthezeit offenen sogenannten Fruchtblättern unterstützt. Die Scheinfrüchte bilden ovale oder kugelige Zapfen, die entweder saftreich und beerenähnlich oder lederartig und holzig sind und sich selten vierklappig öffnen. Samen aufrecht, selten geflügelt, mit dünner oder harter Schale. Embryo im Centrum des fleischigen Eiweisses, mit zwei, selten mehreren Keimblättern.

Juniperus L., Wachholder. Dioecisch; Antheren drei- bis siebenfächerig, mit schildförmig ausgebreitetem Mittelband; Samen zu drei in scheinbeerenartigen Fruchtständen (Beerenzapfen); Keimblätter zwei.

J. communis L., gemeiner Wachholder. Nadeln dreiständig, lineal, pfriemlich, stechend, immergrün; männliche Kätzchen klein, achselständig; Beerenzapfen kugelig, aufrecht, im zweiten Jahre reifend, dann blauschwarz bereift. Eine in trockenen Wäldern der Ebene wie der Gebirge vorkommender Strauch, selten baumartig. Officinell sind die Beerenzapfen, als Wachholderbeeren, Baccae Juniperi, enthaltend ätherisches Oel und einen harzigen Saft, das Juniperin.

J. Sabina L., (Sabina officinalis Garke.), Sadebaum, dessen jüngere Zweige dicht mit gegenständigen, vierzeilig angeordneten, kleinen, lanzettförmigen, spitzen, aussen gewölbten und mit einer länglich-runden, vertieften Oeldrüse versehenen, innen ausgehöhlten, etwas dicklichen Blättern bedeckt sind. Die rundlich-eiförmigen Beerenzapfen befinden sich an kurzen, gekrümmten, überhängenden Zweiglein. Im Handel kommen zwei Varietäten vor:

a) cupressina L. mit längeren, spitzeren, mehr auseinander gerückten und abstehenden Blättern; und

b) tamariscifolia L. mit kürzeren, weniger spitzen, angedrückten, fast schuppenförmigen Blättern. Im mittleren und südlichen Europa einheimisch und in Gärten häufig gezogen, strauchartig. Officinell sind die narkotischen Zweige als Herba s. summitates Sabinae; sie enthalten als wirksamen Bestandtheil ein ätherisches Oel, Oleum Sabinae aethereum.

Am ähnlichsten der Sabinae officinalis ist die in Nordamerika einheimische, bei uns in Gartenanlagen häufig cultivirte

J. (Sabina) Virginiana Berg.; sie unterscheidet sich aber von jener vorzüglich durch ihren baumartigen Wuchs, durch die sparrig abstehenden Aeste, in den aufgerichteten Beerenzapfen aber durch einen schwächeren, der Sabina unähnlichen Geruch.

J. Oxycedrus L., in Südeuropa, liefert den sogenannten deutschen Sandarac, Thus commune s. Resina Oxycedri, und eine Art Theer, das Oleum cadinum.

J. Bermudiana L., auf den Bermudas-Inseln, liefert das rothe Cedernholz, Bleistiftholz des Handels.

Thuja Tourn., Lebensbaum. Kätzchen monoecisch, einzeln, endständig; die Antheren der männlichen Blüthen sind nach unten zwei- bis fünffächerig; die Fruchtblätter haben je zwei Eichen; die ungeflügelten Samen liegen zu zwei in den vier- bis zwölfklappigen aus lederartigen Schuppen bestehenden Zapfen.

Th. occidentalis L., abendländischer Lebensbaum, in Nordamerika und Sibirien einheimisch, bei uns häufig in Gartenanlagen, mit flachen, horizontal abstehenden Aesten; die Zweige sind flach zusammengedrückt, zweikantig, dicht mit gegenständigen, angedrückten, vierzeilig gereihten, unter der Spitze mit einer rundlichen, erhabenen Oeldrüse versehenen Blättchen bedeckt; Zapfenschuppen höckerig abgestutzt. Officinell sind die Zweige wegen des ätherischen Oeles, das ähnliche Wirkung wie das des Sevenbaums haben soll; ausserdem enthalten die Summitates Thujae s. arboris vitae noch zwei Glycoside, Thujin und Pinicrin.

Die aufrecht stehenden Zweige des morgenländischen Lebensbaumes, Th. orientalis L., eines aus China und Japan stammenden, ebenfalls in Gartenanlagen vielfach vorkommenden Baumes, haben nicht so stark zusammengedrückte und nicht so auffallend gegliederte Zweige; die Blätter sind minder breit und am Rücken mit einer rinnig-vertieften Oeldrüse versehen.

Cupressus Tourn., Cypresse. Unterscheidet sich von Thuja durch die eiförmigen Zapfen mit schildförmigen, eckigen, an den Rändern verwachsenen, bei der Reife ringsum sich lösenden, am Grunde vielsamigen Schuppen.

C. sempervirens L., immergrüne Cypresse; Aestchen viereckig; Blätter bei jüngeren vierreihig, dachziegelig, angedrückt, stumpf; bei älteren Aestchen fast abstehend, zugespitzt, auseinandergereiht; die rostbraunen Samen etwas geflügelt. Ein Baum Südeuropas, Kleinasiens. Officinell war früher das Holz, Lignum cupressinum; ferner die Zapfen, Galbuli Cupressi.

C. thyoides L., in Nordamerika, liefert das weisse Cedernholz des Handels.

Callitris Vent., Schmuckcypresse. Kätzchen monoecisch; männliche Blüthen ähnlich wie Thuja; weibliche Fruchtblätter dachziegelig, vier bis sechs an kurzer Spindel, drei- bis vieleiig; Zapfen mit vier bis sechs filzigen, fast klappig sich öffnenden, unter der Spitze genabelten Schuppen; Samen zweiflügelig.

C. quadrivalvis Vent. (Thuja articulata L.). Aeste sparrig abstehend, Aestchen etwas zusammengedrückt mit vierreihigen, ziegeldachartig sich deckenden, lanzettlichen, spitzen Blättern; Zapfen vierseitig, vierklappig, aus rundlich herzförmigen Schuppen bestehend, mit sechs länglichen Samen, deren Flügel zurückgeschlagen sind. Ein im Atlas wachsender, eine bedeutende Grösse erreichender Baum; liefert

das wahre Sandaracharz, **Resina Sandaraca**, das aus einem Gemenge von drei Harzen besteht.

Zu den **Cupressinen** gehören noch zwei mächtige Bäume:

Taxodium distichum Rich., **amerikanische Cypresse**, in Nordamerika, besonders in Mexiko einheimisch, erreicht eine ungeheure Grösse und ein sehr hohes Alter. Rinde und Zapfen sind in Amerika officinell.

Wellingtonia gigantea Lindl., **Mammuthbaum**, im Hochgebirge Californiens; die Stämme erreichen eine Höhe von 400 und mehr Fuss bei einem Durchmesser von 32′ am Boden. Sehr werthvolles Bauholz.

2. **Abietineae** Endl. Meist Bäume von bedeutender Grösse, seltener Sträucher. Aeste quirlförmig gestellt; Blätter meist perennirend, selten einjährig und abfallend, gewöhnlich schmal, nadelförmig, einzeln, zu zwei oder zu fünf, oder büschelig an verkürzten Zweigen und dann am Grunde von trockenhäutigen Scheiden umgeben. Blüthen monoecisch, in end- oder seitenständigen Kätzchen. Männliche Kätzchen ohne Bracteen, nur aus den säulenartig verwachsenen Staubgefässen bestehend, mit zweifächerigen Antheren, die von dem schuppenförmigen Mittelband überragt werden. Weibliche Kätzchen aus Bracteen gebildet, in deren Winkel sich eine später meist verholzende, aus zwei Blättern gebildete Schuppe befindet. Letztere trägt am Grunde eine oder meist zwei anatrope Samenknospen. Fruchtstand stets ein holziger Zapfen von sehr verschiedener Form und Grösse. Samen mit lederartiger oder harter Schale, bisweilen nussähnlich, häufig geflügelt. Embryo im Centrum des fleischigen Eiweisses, mit drei- bis fünfzehn, seltener blos zwei Cotyledonen.

a) **Abietineae verae** Endl. Schuppen der Zapfen zweisamig, mit angewachsenen Samen.

Pinus Tourn., **Kiefer, Föhre.** Blätter büschelig, zu zwei bis fünf, immergrün, mit mehreren Harzgängen versehen, am Grunde von einer trockenhäutigen Scheide umgeben; monoecisch; Antheren zweifächerig, der Länge nach aufspringend, mit schuppenförmiger Ausbreitung des Staubfaden-Mittelbandes; Samenschuppen zu holzigen, an der Spitze höckerig verdickten Zapfen verwachsend, jede Schuppe am Grunde mit zwei geflügelten Samen; Samenlappen viele.

P. sylvestris L., **Nordische Kiefer**; Nadeln gezweit, starr, graugrün, oberseits rinnig; Zapfen eiförmig-kegelig, abwärts gekrümmt; Samenflügel dreimal so lang als die Samen, abfallend. Ein Baum von 50—80′, mit braunrother, abblätternder Stammrinde, dessen Samenreife erst im Herbst des zweiten Jahres erfolgt. In ganz Deutsch-

land verbreitet, namentlich Sandboden liebend. Officinell sind davon: Die jungen Triebe der Zweige (Kiefernsprossen) als Gemmae s. Turiones Pini; das weisse oder reine Harz, Resina Pini s. alba s. communis; gemeiner Terpentin, Terebintina communis; das Terpentinöl, Oleum s. Spiritus Terebintinae; gekochter Terpentin und weisses Pech, Terebintina cocta und Pix alba s. burgundica; Geigenharz, Colophonium s. Resina Colophonii; schwarzes oder Schiffspech, Pix solida nigra s. atra s. navalis s. Resina Pini empyreumatica solida. Die Blätter dieser und verschiedener anderer Coniferen dienen zu Kiefernadelbädern und zur Darstellung der sogenannten Waldwolle. Bestandtheile: Aetherisches Oel, Harz und das Glycosid Pinipicrin.

P. maritima Lamb. (P. Pinaster Ait.), Strandfichte. Blätter gegen drei Zoll lang, sehr dünn, grün; weibliche Kätzchen aufrecht; Zapfen grösser und dicker als bei der vorigen, eiförmig, sitzend, im rechten Winkel abstehend. In Südeuropa, besonders in Frankreich; liefert den französischen Terpentin, Pix burgundica, Terpentinöl etc.

P. Mughus Scop. (P. Pumilio Haenke.), Krummholz-Zwergkiefer. Niederer Stamm mit niederliegenden Aesten; Zapfen oval, glänzend, aufrecht; Zapfenschuppen abgerundet; Flügel nur doppelt so lang als der Samen. In den Hochgebirgen, liefert das mehr aromatische und mildere Krummholzöl, Oleum templinum, und den freiwillig aus den Zweiggipfeln ausfliessenden Terpentin, Balsamum carpathicum s. hungaricum.

P. Laricio Poir. (P. nigricans Host.), Schwarzkiefer, unterscheidet sich durch ganz kurz gestielte Zapfen und kleinen Samen. In Osterreich; angeblich der harzreichste europäische Baum, die gleichen Producte wie P. sylvestris liefernd.

P. Pinea L., Pinie. Aeste schirmartig ausgebreitet, Nadeln sehr lang; Zapfen gestielt, eiförmig, abgestutzt, zurückgebogen; Samen dreimal so gross als die Flügel. In Südeuropa und Nordafrika. Die früher als Nuces Pineae auch officinellen Samen (Pignolen, Piniennüsse) werden wie Haselnüsse gegessen und zur Oelbereitung verwendet.

P. Cembra L., Zirbelkiefer, Arve. Nadeln zu fünf in einem Scheidchen steckend; Zapfenschuppen an der Spitze wenig verdickt, Zapfen höchstens 3½" lang; Samen fast haselnussgross, ungeflügelt. Alpen Europas. Die Samen (Zirbelnüsse) werden wie die Pignolen benutzt. Das Holz ist zu Schnitzwaaren und Resonanzboden sehr geschätzt.

P. Strobus L., Weymouths-Kiefer. Nadeln wie vorhergehende; Zapfen hängend, 6" lang, Samen klein, lang geflügelt; Rinde glatt, Aeste wirtelständig. Nordamerika, bei uns in Parkanlagen. Amerikanischer Terpentin etc.

Picea Link., Fichte. Nadeln einzeln, fast vierkantig, immergrün, mit zwei Harzgängen; samentragende Deckschuppen an der Spitze verdünnt, am Grunde nicht ausgehöhlt, mit der Spindel abfallend; Flügel der Samen bleibend; männliche Kätzchen achselständig, einzeln, Antheren der Länge nach aufspringend.

P. vulgaris Link. (Pinus Abies L., Abies excelsa Poir.), Rothtanne. Nadeln zusammengedrückt, auf dem Querschnitt rhombisch,

zugespitzt, beiderseits gefurcht; Zapfen walzig, hängend, mit an der Spitze unregelmässig gezähnten Deckschuppen. In Gebirgsgegenden Europas und dem nördlichen Asien, oft ganze Waldbestände mit bis 200′ hohen Stämmen. Liefert werthvolles Bauholz, Rinde als Gerberlohe und die bei P. sylvestris angeführten Producte.

Abies Link., Tanne. Nadeln einzeln, immergrün; samentragende Deckschuppen an der Spitze verdünnt, am Grunde innen ausgehöhlt, abfallend, die Spindel zurückbleibend; Flügel der Samen bleibend; männliche Kätzchen achselständig, einzeln; Antheren der Quere nach aufspringend. Einjährige Samenreife wie bei Picea.

A. pectinata DC. (Pinus Picea L., Abies alba Mill.), Edeltanne, Weisstanne. Nadeln zweizeilig, flach, ausgerandet, unterseits mit zwei weissen, vertieften Längslinien; Zapfen walzig, aufrecht, mit ganzrandigen, stumpfen Deckschuppen. Bäume bis 140′, in den Gebirgen des mittleren Europas. Liefert Strassburger Terpentin, Terebintina argentoratensis; vorzügliches Bauholz, die sogenannten Holländer Stämme des Schwarzwaldes.

A. balsamea DC., Balsamtanne. Nadeln nur undeutlich zweiseitswendig, oft mehrreihig; Zapfen nur halb so lang als bei der vorigen. In Nordamerika, bei uns in Anlagen. Liefert den schönen Canada-Balsam, Balsamum canadense.

A. canadensis Michx., Hemlocks-Schierlingstanne. Blätter spitz, fast gesägt, unten blassgrün, mit ovalen Zapfen. Nordamerika, Canada. Liefert das Canada-Pech, Pix canadensis, Gummi Hemlock und einen geringeren Canada-Balsam.

Larix Tourn., Lärche. Nadeln büschelig, weich, einjährig, samentragende Deckschuppen an der Spitze verdünnt, bleibend, am Grunde innen ausgehöhlt; Flügel der Samen bleibend; männliche Kätzchen gipfelständig, auf verkürzten Aestchen; Antheren der Länge nach aufspringend.

L. europaea DC. (P. Larix L.), Lärchentanne. Nadeln zahlreich, fast flach, biegsam, hellgrün; männliche Kätzchen kurz, aus becherförmigen Scheiden hervortretend; Zapfen eiförmig, aufrecht, anfangs purpurroth. Bäume von 60—100′ in den Ebenen und auf den Gebirgen angepflanzt, liefern den Venetianischen Terpentin, Terebintina veneta s. laricina. An den Stämmen älterer Bäume dieser Species und von L. decidua (sibirica) Mill. findet sich der Lärchenschwamm, Agaricus albus der Officinen.

Ferner gehört noch hierher die „Ceder vom Libanon," Cedrus libanotica Link. (P. Cedrus L.), und C. Deodara Lond., die Himalaya-Ceder, beide vorzügliches Nutzholz liefernd.

b) Araucarineae Endl. Schuppen einsamig, mit angewachsenen Samen.

Die Arten der Gattung Araucaria liefern keine officinellen Producte, doch sind sie ihrer beträchtlichen Höhe und der mandelähnlichen Samen wegen als Nutzholz und Nahrungsmittel zu erwähnen. Die bemerkenswerthesten sind:

A. imbricata Pav., die Andenfichte, mit ein Zoll breiten, starren Blättern und kopfgrossen Zapfen.
A. excelsa R. Br., die Norfolktanne (vorzügliches Schiffsbauholz),
A. brasiliensis Rich. mit mandelähnlichen Samen.

c) Cunninghamieae Endl. Schuppen ein- bis mehrsamig. Samen frei.

Dammara Rumph., Dammerfichte. Dioecisch; männliche Kätzchen mit innen am Grunde vielfächerigen Antheren; Zapfenschuppen ohne Bracteen, eineiig; Samen mit lederartiger Samenschale, am Grunde geflügelt; Embryo mit zwei Samenlappen.

D. orientalis Don. mit länglich-lanzettlichen, steifen, geaderten Blättern und eiförmigen Zapfen. In Ostindien, auf den Molukken. Liefert das ostindische Dammarharz, Resina Dammarae orientalis und die Cowreefichte auf Neuseeland;
D. australis Don., das Neuholländische Dammarharz, das häufig unter dem Namen Cowree als geringer Copal im Handel erscheint.

3. Taxineae Rich. Bäume, seltener Sträucher, mit zerstreuten, linealen, seltener ausgebreiteten, zweilappigen Blättern. Blüthen dioecisch oder bisweilen monoecisch. Männliche Kätzchen meist ohne Deckschuppen an der Basis; weibliche Blüthen einzeln gestellt, nackt oder von Deckschuppen umgeben. Staubblätter mehrere, mit verwachsenen Staubfäden; Antheren entweder schuppenförmig mit zwei bis vier Fächern oder schildförmig mit acht Fächern an der unteren Fläche. Samenknospen entweder blos in jeder weiblichen Blüthe einzeln an einem einfachen oder zu zwei bis drei an einem verzweigten Samenträger sitzend, gerade oder anatrop. Samen nussartig, hart, von dem fleischigen, oft zu einem Samenmantel auswachsenden discus theilweise umgeben, flügellos, mit reichlichem Eiweiss, centralem Keim und zwei Samenlappen.

Taxus Tourn., Eibe. Dioecisch; Kätzchen achselständig, von einer Hülle umgeben; männliche Blüthe mit drei bis achtfächerigen, nach unten aufspringenden Antheren, geschützt durch ein schildförmiges Mittelband; weibliche Blüthe aus einem einzigen geraden, aufrechten, gipfelständigen Eichen bestehend, mit beerenähnlichem Samenmantel.

T. baccata L., gemeiner Eibenbaum. Blätter immergrün, meist zweizeilig, flach, lineal, zugespitzt, beiderseits grün; Samenmantel oben offen, saftig-fleischig, roth. Meist strauchartig, seltener ein durch langsames Wachsthum und bedeutendes Alter ausgezeichneter Baum, in Mittel- und Südeuropa einheimisch, häufig in Gärten als Zierbaum und Strauch verwendet. Officinell sind die narkotischen Blätter, Folia Taxi baccati; als wirksames Princip wird ein weisses, amorphes, bitterschmeckendes Pulver, Taxin, angegeben.

II. Sporophyta — Sporenpflanzen.
(Cryptogamia s. Acotyledones — Blüthenlose Pflanzen.)

Pflanzen ohne eigentliche Blüthen; an die Stelle von Staubblättern und Fruchtblättern treten einfache Fortpflanzungsorgane. Die dem Samen entsprechende Spore besteht aus einer oder mehreren keimlosen Zellen.

---

1. Acotyledones acrogenae (Cryptogamia angiospermia). Plantae cryptogamae vasculares, Gefässkryptogamen.

Die hierher gehörenden Pflanzenfamilien besitzen zwei verschiedene Generationen (Generationswechsel). Es entwickelt sich nämlich zunächst aus der keimenden Spore ein thallodisches Gebilde (Prothallium), das als geschlechtliche Generation angesehen werden muss, da auf demselben die männlichen und weiblichen Befruchtungsorgane entstehen. Dieses Prothallium gliedert sich in einem Falle in Stamm und Blätter, während in anderen Fällen dasselbe in seinem rudimentären Zustand verharrt und, nach geschehener Befruchtung der mit dem Bauchtheile demselben eingesenkten Archegonien, direct eine neue Pflanze daraus hervorgeht, die aber nur auf geschlechtlichem Wege Sporen erzeugt. Letztere sind wieder alle einander gleich oder man unterscheidet grosse und kleine Macro- und Microsporen. Dies wäre also die zweite oder ungeschlechtliche Generation. Die den männlichen Befruchtungsorganen entsprechenden Antheridien enthalten schraubig gewundene, mit blasigem Anhange versehene und an der Spitze mit zahlreichen Wimpern besetzte Spermatozoiden. Das Gewebe besteht fast ausnahmslos aus Epidermis, parenchymatischem Grundgewebe und geschlossenen Gefässbündeln. Die Sporangien sind meist Producte der Blätter und bilden die Sporenmutterzellen, die ihrerseits durch Viertheilung die Sporen erzeugen.

Erste Klasse.

Filices Juss. (Farne, Farrenkräuter).

§. 225. Die Pflanzen dieser Familie besitzen einen verschieden gestalteten Stamm; er ist bald unter der Erde befindlich oder an deren Oberfläche kriechend (rhizoma), bald über den Boden sich erhebend und aufklimmend (caulis) oder senkrecht aufstrebend und baumartig (caudex). Zahlreiche Nebenwurzeln brechen am Grunde der verschiedenen Stammarten hervor, während der obere Theil vielfach Luftwurzeln entsendet. Die Blätter stehen bei dem verästelten, kriechenden und klimmenden Stamme entfernt, bei dicken, aufstrebenden Stämmen sind meist die Interfoliartheile nicht entwickelt, wodurch die Blätter schopfig zusammengedrängt sind. Vor ihrer Entfaltung sind die Blätter allgemein schneckenförmig eingerollt. Die Blattformen (Wedel) besitzen eine grosse Mannigfaltigkeit; sie sind oft einfach und dabei seltener ungetheilt, sondern häufiger auf sehr verschiedene Weise, jedoch meist fiederartig, zertheilt und zusammengesetzt, mit mannigfach verzweigten Adern und Nerven durchzogen. Sie sind immer gestielt und während der Blattgrund schon längst zur Ruhe gekommen, wächst oft die Spitze noch lange Zeit fort. Eine besondere Erwähnung verdienen die sogenannten Spreuhaare oder Spreublätter am Grunde der Stämme und Blattstiele, Haargebilde, die zum Schutze der jugendlichen Knospen nicht ohne Bedeutung sind. Die Früchte (Sporangien) entspringen auf der Rückenfläche und dem Rande, selten auf beiden Flächen der Blätter, am häufigsten aus den Nerven und Adern, sind auf verschiedene Weise in Sporangienhäufchen (Sori) gruppirt, oft von einer häutigen Fortsetzung der Oberhaut, einem Schleierchen (Indusium), oder von dem umgeschlagenen, zurückgerollten Blattrande bedeckt, getrennt oder reihenweise zusammengewachsen. Zuweilen verdrängen sie auch das Blattparenchym theilweise oder ganz, wodurch der Anschein eines nackten, ähren- oder rispenähnlichen Fruchtstandes hervorgebracht wird. Die Sporengehäuse sind kugelig oder eiförmig, zellig, häutig oder lederartig, selten von gleichförmiger Textur, sondern häufiger mit einer flachen, gürtelähnlichen, strahligen Zellenreihe umsäumt oder mit einem vorspringenden, gegliederten Ringe (Gyrus, Annulus) belegt, in einer Längs- oder Querspalte, selten mit einem Loch aufspringend und in allen Fällen mit sehr zahlreichen staubfeinen Sporen erfüllt (ungeschlechtliche Generation). — Bei der Keimung entwickelt sich die Sporenzelle zu einem einschichtigen, laubähnlichen, meist umgekehrt herzförmigen Blättchen, dem Vorkeime (Thallodischer Proembryo), welcher auf seiner Rückenfläche vermittelst zahlreicher Wurzel-

haare am Boden befestigt ist und daselbst, so wie öfters auch am Rande, zahlreiche, theils aus einer einzigen Zelle, theils aus einer Zellschicht gebildete, mit Spiralfadenzellen erfüllte Antheridien und ausserdem noch griffelähnliche Organe, Archegonien, trägt, die durch Auseinandertreten der vier Scheitelzellen eine Oeffnung erhalten, in welcher die tiefer liegende, an dieser Stelle einem mehrschichtigen Zellgewebe eingebettete, Höhlung vermittelst eines feinen Kanals ausläuft. In der Höhlung eines dieser griffelähnlichen Organe, die als Archegonien bezeichnet werden, bildet sich, ähnlich wie im Embryosack der Phanerogamen, das Keimbläschen oder die Eizelle, die durch Eindringen der Spermatozoiden in den Halstheil des Archegoniums und nachheriges Verschmelzen mit demselben die Befruchtung vollendet. Nach geschehener Befruchtung schliesst sich der Halskanal, das befruchtete, sich nur mit einer Zellhaut umgebende Ei wächst heran und erfüllt alsbald den Innenraum des Archegoniumbauches (Geschlechtsgeneration), um sich allmälig zur jungen Farrnpflanze zu entwickeln. Stamm, Wurzeln und Blätter sind anfangs sehr klein, alle führen nur je ein centrales Gefässbündel, die späteren deren mehrere. So vergrössert sich die Farrnkrautpflanze nicht durch nachträgliche Vergrösserung der embryonalen Theile, sondern dadurch, dass jeder folgende Theil eine bedeutendere Grösse und Ausbildung als der vorhergehende erreicht, bis endlich der Höhepunkt vorhanden und jeder folgende Theil dem vorhergehenden gleich bleibt, wobei auch die Gefässbündel auf ein Maximum beschränkt sind.

Die Farne besitzen noch zum Theil ein starkes Vermehrungsvermögen durch mancherlei Brut- und Knospenbildung aus der Blattfläche oder dem Blattrande oder aus der wurzelnden Mittelrippe oder Spindel des Blattes so wie durch Verästelung oder Knollbildung des Wurzelstocks und seiner Ausläufer.

Die Farne sind alle ausdauernde Pflanzen und die meisten erreichen ein sehr hohes Alter. Ihre Vegetationszeit beginnt bei uns im Frühling und währt bis zum Herbste, die Fruchtreife erfolgt im Sommer.

Vorkommen: Die meisten Farne lieben feuchte und schattige Orte. Die Länder der gemässigten Zone sind arm an diesen Pflanzen, welche mehr der heissen Zone angehören und in grösster Menge auf den tropischen Inseln und in den feuchten bewaldeten Küsten der tropischen Länder angetroffen werden. Es sind gegen 2500 Arten bekannt; von diesen wachsen fast 2000 zwischen den Wendekreisen und nur etwas über 200 in der nördlichen und kalten Zone. Unter den Ueberresten vorweltlicher Cryptogamen sind die Farne besonders zahlreich, und man findet fossile Stämme und Blätter. Bei den ersteren sind die Blattstielnarben, bei den letzteren die Formen der Theilblättchen, die Nervatur und

zum Theil die Fruchthäufchen so deutlich erhalten, dass man dieselben hiernach in Gattungen und Arten abzutheilen versucht hat.

Eigenschaften: Die Rhizome vieler Farne enthalten adstringirende, fettige, bittere, ätherisch-flüchtige Stoffe, auf die sich ihre arzneiliche Verwendung gründet. Andere sind wegen Stärkemehl- und Zuckergehaltes und anderer Eigenschaften für den Menschen von grosser Wichtigkeit.

A. Polypodiaceae Endl.

Vorkeim herzförmig; Archegonien und Antheridien meist an seiner unteren Fläche. Knospenlage der Blätter (Wedel) spiralig-eingerollt. Sporenkapseln in Haufen vereinigt, an der unteren Seite der Wedelausbreitung, bald unter einer Hülle mehr oder weniger versteckt, bald ohne dieselbe sitzend, oder gestielt, von einem gegliederten Ringe umgeben und durch dessen elastisches Aufspringen unregelmässig zerreissend. Sporen kuglig, länglich oder dreieckig. Farne von sehr verschiedener Grösse, meist mit unterirdischem, seltener mit oberirdischem und baumartigem Stamme. Letzterer einfach, cylindrisch, durch die Narben der abgestorbenen Blattstiele oft in regelmässige Felder getheilt oder durch die Blattstielreste schuppig und borstig und dann mit zahlreichen Luftwurzeln durchwebt. Blätter stets aus mehreren Zellschichten bestehend, mit Spaltöffnungen, höchst verschieden geformt und oft bedeutende Dimensionen annehmend, bei den Baumfarnen eine palmenähnliche Krone bildend.

Polypodium L., Tüpfelfarrn. Häufchen nackt, rund, auf der Unterseite der Blätter zu beiden Seiten des Mittelnervs.

P. vulgare L., gemeiner Tüpfelfarrn, Engelsüss, Korallenwurzel. Wurzelstock über dem Boden kriechend, fleischig, mit abwechselnden, zweizeiligen Narben der abgestorbenen Blattstiele früherer Jahre, am Ende dicht, braunschuppig, auf der Unterseite mit zahlreichen Nebenwurzeln besetzt. Blätter glatt, lederartig, überwinternd, schmal, zugespitzt, tief buchtig fiederspaltig; Häufchen ziemlich gross, gelb, später kaffeebraun. Wächst sehr häufig in Felsspalten, an Mauern, am Fusse von Bäumen in ganz Europa. Das süsslich schmeckende Rhizom ist officinell, Radix Polypodii; es enthält Zucker, fettes Oel, Gerbstoff etc. Aehnliche Verwendung findet in Südamerika das Rhizom von P. Calaguala Hr. und P. crassifolium L. als Radix Calagualae verus.

Adiantum L., Frauenhaar. Fruchthäufchen am Rande der Blätter, linienförmig, unterbrochen, von einem aus dem Rande hervortretenden Schleierchen bedeckt.

A. Capillus Veneris L. Die 20—30 Centim. langen Blätter sind fiederschnittig, der dünne Blattstiel ist glänzend schwarz, elastisch,

glatt; die Fiederstücke sind gestielt, keilförmig oder fast halbkreisförmig mit ungleichem, keilförmigem Grunde, am vorderen convexen Rande dreilappig, jeder Lappen ist ausgeschnitten und gezähnt; die Nerven sind strahlig-fächerig; Fruchthäufchen dunkelbraun. Ein zierlicher Farrn, der auf schattigen Felsen und Mauern der gemässigten, wärmeren und heissen Zone vorkommt. Officinell sind die Wedel, Herba Capilli Veneris (Folia Adianti), wegen ihres süsslichbitteren, etwas herben Geschmacks und schwach aromatischen Geruchs. Das bei uns in Steinbrüchen, an Weinbergsmauern vorkommende schwarze Frauenhaar, Asplenium Adiantum nigrum L., hat ovale oder längliche, spitze, fiederspaltige und eingeschnittengesägte Fiederstücke mit deutlichem Hauptnerv und zusammenfliessenden Fruchthäufchen (Herba Adianti nigri, schwarzes Frauenhaar). In Frankreich verwendet man fast ausschliesslich das Canadische Frauenhaar, Adiantum pedatum L. (Capillaire de Canada), welches in Canada und in den nördlichen Gebieten der Unionsstaaten einheimisch und in letzteren officinell ist. Die Blätter sind grösser, in zwei Aeste gablich getheilt und besitzen einen langen, glänzend braunrothen Stiel.

Scolopendrium Smith., Hirschzunge. Die linealen Fruchthäufchen stehen schief zur Mittelrippe und berühren sich paarweise, so dass die zwei Schleier, an den äusseren Rändern angewachsen, in der Mitte zusammentreffen und sich zuletzt nach entgegengesetzten Seiten zurückschlagen.

Sc. officinarum Sw. Wurzelstock etwas fleischig, mit Blattstielresten bedeckt; die Blätter haben einen am Grunde verdickten, spreuschuppigen Blattstiel, sind etwa 2—3 Decim. lang, 2—5 Centim. breit, aus herzförmigem Grunde verlängert, zungenförmig, ungetheilt, ganzrandig, etwas wellig, meist spitz, dicklich, hellgrün; die von Primärnerven abgehenden zahlreichen Seitennerven sind ein bis zwei Mal gegabelt und an der Spitze keulig verdickt. Ein in Schluchten, an Bächen und feuchten steinigen Orten des mittleren und südlichen Europa's vorkommender Farrn, dessen getrocknete Wedel als Herba Linguae cervinae, ihres schwach süsslich-herben Geschmacks wegen, officinell waren (Volksmittel).

Grammitis Swartz., Schriftfarrn. Die nackten, linealen Fruchthäufchen auf dem inneren Rande eines Adernetzes zwischen Mittelrippe und Rand sind schief gestellt.

Gr. Ceterach Sw. (Ceterach officinarum Willd.), Milzfarrn. Blätter kurzgestielt, lebhaft grün, lanzettlich, tief fiederspaltig; Fiedern stumpf abgerundet, wechselständig; untere Seite des Stiels und der Blattfläche dicht mit lanzettlichen, zuletzt röthlich-braunen Spreublättchen bedeckt. An Weinbergsmauern, häufig im Süden Europas. Herba Ceterach s. Asplenii, obsolet.

Asplenium L., Strichfarrn. Lineale Fruchthäufchen schief zur Mittelrippe auf den Seitenadern sitzend; Schleier auf der unteren, von der Mittelrippe abgewandten Seite der Länge nach angeheftet, auf der inneren frei, zuletzt zurückgeschlagen; Blätter immergrün.

A. Trichomanes L., rother Streifenfarrn, rothes Frauenhaar. Wurzelstock klein; Blätter zahlreich, einfach gefiedert; Stiel und Spindel glänzend schwarzbraun. An schattigen Felsen und Mauern. Herba Trichomanis s. Adianti rubri.

A. Ruta muraria L., Mauerraute, Steinraute. Wurzelstock kurz, vielköpfig, mit dunkeln, in eine Drüse endenden Spreuschuppen; Blätter mit dünnem, langem Stiele, breit dreieckig, am Grunde doppelt bis dreifach-dreizählig. An Felsen und Mauern. Herba Rutae murariae s. Adianti albi. Beide werden vom Volke noch gebraucht.

Aspidium Smith., Schildfarrn. Fruchthäufchen kreisrund oder nierenförmig mit rückwärts gerichtetem Ausschnitt. Schleier schildartig in der Mitte angeheftet.

A. Filix mas Sw., männlicher Schildfarrn, Wurmfarrn, Johanniswurzel. Wurzelstock 1—3 Decim. lang, meist horizontal und oberflächlich im Waldboden liegend, etwa 2 Centim. dick, vorn mit einer die spiralig eingerollten Blätter enthaltenden Knospe versehen, seitlich und unten mit dünnen Nebenwurzeln und aufwärts mit bogenförmig aufsteigenden, glänzend schwarzbraunen, dicht mit rostbraunen, trockenhäutigen Spreuschuppen bedeckten Blattstielresten besetzt. Im Inneren sind das Rhizom so wie die Blattstiele fleischig und von hellgrüner Farbe. Blätter doppelt fiederspaltig; Fiederchen stumpf, abgerundet; Fruchthäufchen kaum die Mitte des Fiederchens überschreitend, kreisrund; Schleierchen nierenförmig. In schattigen Wäldern durch fast ganz Europa. Officinell ist das Rhizom, Radix Filicis maris. Bestandtheile: Ein eigenthümlicher Gerbstoff, Filixgerbsäure, ein grünes fettes Oel, das Filixolin, Spuren eines ätherischen Oeles, Harz, Zucker etc.

Als Verwechslungen der Johanniswurzel werden gewöhnlich angeführt: A. Filix femina Bernh. Rhizom abgerundet, holzig, Blattstielreste schwarz, mit scharf gezähntem, fast zweischneidigem Rande; Blätter dreifach gefiedert.

A. Oreopteris Sw. Rhizom holzig, dunkelbraun; Blätter doppelt gefiedert; Fiederchen abgerundet; Fruchthäufchen an deren ganzem Rande, klein rundlich.

A. spinulosum Sw. Rhizom dunkelbraun; Blattstielreste unten hakig gebogen, schwarzbraun, aussen gekielt, runzlig, innen flach. Im Ganzen sind bei allen sogenannten Verwechslungen die Rhizome und Blattstielreste dünner, im Inneren mehr oder weniger abgestorben und nicht so weit herauf mit derbem, fleischigem, pistaziengrünem Gewebe erfüllt.

A. athamanthicum Kunze., liefert in neuerer Zeit als Ersatz für Rad. Fil. maris die Radix Pannae s. Uncomocomo und kommt von Port Natal in Südafrika.

Officinell sind schliesslich noch die als dichter Ueberzug am Blattstiel- und Stammende an mehreren auf Java wachsenden, baumartigen Farnen vorkommenden, blutstillenden Spreuhaare, paleae stipticae s. haemostaticae, Pakoe-Kidang, Penghawar Jamby, abstammend von Alsophila lurida Blum., A. lanuginosa Hook., A. contaminans Wall., Chnoophora tomentosa Blum., Balantium chrysotrichum Blum. und B. magnificum Hassk. Die blutstillende Wirkung dieser goldgelben, seidenglänzenden, eine weiche, fädig-

wollige Masse darstellenden Spreuhaare beruht wesentlich auf chemischer Anziehung und Quellung, sie wirken coagulirend.
Aehnlich wie Pakoe-Kidang verhalten sich die helleren, feineren und kürzeren paleae einer Reihe von Baumfarnen der Sandwichsinseln, Cibotium glaucum Hook., C. Chamissoi Kaulf., C. Menziesii Hook., welche unter dem Namen Pulu seit einigen Jahren in grossen Quantitäten nach Amerika und Australien verschifft werden um daselbst als Ausstopfmaterial zu dienen.

B. Osmundaceae Endl.

Vorkeim mehr oder weniger unregelmässig, öfters dioecisch; Blätter spiralig eingerollt; Sporenkapseln gestielt, zarthäutig, mit breitem, unvollständigem Ring, entweder an der Unterseite der normalen Blätter oder letztere eigenthümlich zusammengezogen und eigentlich nur aus Sporangienhäufchen bestehend; Indusien von verschiedener Form; Sporen kuglig oder länglich.

Osmunda Sw., Traubenfarrn. Sporangien nach vorn aufspringend, halb zweiklappig, gestielt, dicht zusammengedrängt auf allen Seiten des umgestalteten, rispenartigen oberen Theiles des doppelt gefiederten Blattes.

O. regalis L., Königsfarrn, mit grossem aufrechtem Stengel und doppelt-gefiederten Wedeln. Die rispenartigen Fruchtstände und das Rhizom waren früher officinell als Juli Osmundae et Medulla Radicis Osmundae.

C. Ophioglosseae R. Br.

Vorkeim unterirdisch, chlorophylllos, monoecisch; aus dieser Geschlechtsgeneration entwickelt sich ein senkrechter oder wagrechter, starker, bezaserter Wurzelstock, der einen einzelnen oder mehrere armblättrige Stengel trägt; in selteneren Fällen ist das Rhizom unmittelbar mit Blättern besetzt. Letztere sind vor ihrer Entfaltung gerade, die Früchte in einen gipfelständigen, seltener seitenständigen, deckblattlosen, ähren- oder rispenförmigen Fruchtstand geordnet. Die Sporenkapseln sind sitzend, ringlos, von lederartiger Textur, halb zweiklappig aufspringend, getrennt oder unter sich verwachsen und mit staubfeinen Sporen erfüllt. Merkwürdig ist die langsame Entwicklung der Blätter; es finden sich die Knospen für mehrere Jahre im Voraus gebildet und zum Theil in einander geschachtelt vor.

Die Ophioglosseen sind ausdauernde Pflanzen; die Vegetationsperiode der inländischen Arten, Ophioglossum L., Natterzunge, und Botrychium L., Mondraute, beginnt mit dem Frühling, die Fruchtreife fällt in den Juni, worauf der diesjährige Stengel abstirbt, so dass noch vor dem Herbste die ganze Pflanze verschwunden ist. Sie

wachsen theils auf feuchten Wiesen der Ebene und Thäler, theils auf Triften und trocknen Waldwiesen.

Ophioglossum vulgatum L., hat ganzrandige, eilanzettförmige Blätter und eine einfache Fruchtähre. Die Wedel waren als Herba Ophioglossi officinell. Ebenso von Botrychium Lunaria L. mit rautenartig zertheilten Blättern und zusammengesetzter Aehre, Herba Lunariae Botrytidos.

Zweite Klasse.

Equisetaceae Endl. (Schachtelhalme).

Prothallium grün, oberirdisch, dioecisch, die Geschlechtsorgane an den Rändern entwickelnd. Ein tief unter der Erde verzweigter, gegliederter Wurzelstock bringt ähnlich gegliederte, röhrige Stengel, welche statt der Blätter an den Gelenken mit gezähnten, tutenförmigen Scheiden umgeben sind und aussen, am Grunde der letzteren, meist wirtelständige, gegliederte und bescheidete Aestchen tragen. Die Stengel sind in den meisten Fällen, die Aeste aber immer gerieft. Die Spindel des gipfelständigen, ährenförmigen Fruchtstandes ist mit wirtelständigen, schildstieligen, vieleckigen Scheiben, den Fruchtträgern (metamorphosirte Blätter), besetzt, auf deren unterer Fläche die walzig-kegeligen, häutigen Sporengehäuse angewachsen sind. Diese öffnen sich gegen den Stiel der Scheibe in einer Längsspalte und sind mit zahlreichen, äusserst kleinen, kugeligen Sporen erfüllt, deren jede mit zwei bandförmigen, an ihren Enden spatelig verbreiteten Fäden umwickelt ist, welche sehr hygroskopisch sind, in trocknem Zustand sich aufrollen und beim Befeuchten wieder um die Spore herum sich anlegen, die sogenannten Schleudern (Elateres). Bei beginnender Keimung vergrössert sich die chlorophyllführende Spore und theilt sich in zwei Abschnitte, von denen der eine nur farblosen Inhalt führt und zu einem langen Wurzelhaar auswächst, während der vordere, grössere Abschnitt sämmtliche Chlorpollkörner aufnimmt, die sich durch Theilung vermehren, und dann selbst zum ersten Prothalliumlappen heranwächst. Die männlichen Prothallien bleiben kleiner, entwickeln aber früher die Antheridien als das weibliche Prothallium die Archegonien. Erstere entstehen am Ende oder am Rande der grösseren Lappen mittelst mehrmals wiederholter Theilung einer der Randzellen, deren Inhalt sich in die Spormutterzellen der Spermatozoiden umwandelt und die durch Aufweichen des Antheridiumscheitels nach vorhergegangener Isolirung frei werden. Die verhältnissmässig grossen Spermatozoiden haben zwei bis drei Windungen, von denen die eine eine sogenannte undalirende Flosse als Anhang trägt. Die Archegonien

entstehen aus der Vermehrung einzelner Zellen des Vorderrandes der dickfleischigen Lappen des weiblichen Prothalliums. Durch nachträgliches Dickenwachsthum des Thallus wird die Mutterzelle des Archegoniums an die Oberfläche gehoben, sie zerfällt dann in zwei Tochterzellen, der Centralzelle und der Halszelle; letztere theilt sich kreuzweise, wächst in die Höhe und wird zu vier parallelen Zellreihen, die schliesslich durch Auseinanderreihen einen Kanal bilden, durch den die Spermatozoiden zu dem durch freie Zellbildung entstandenen Ei in die Centralzelle gelangen können, um die Befruchtung zu vollenden. Unmittelbar nach der Befruchtung schliesst sich der Halskanal, die Eizelle nebst der Bauchwand des Archegoniums vergrössern sich bedeutend und aus ihnen entwickelt sich die sporenbildende Generation des Schachtelhalms, indem nach abwärts eine Wurzelzaser, aufwärts das erste Glied des Stämmchens, dem neue Stengelglieder mit ihren gezähnten Scheiden folgen, und an der Basis des Hauptstämmchens zugleich noch mehrere Wurzelzasern und Nebenstengel sich entwickeln, von welchen einige auch in den Boden eindringen und zu Wurzelstöcken werden können.

Die Dauer aller Equiseten ist mehrjährig. Bei den meisten inländischen Arten sterben aber die Stengel über der Erde im Herbste ab und werden im kommenden Frühjahr durch neue ersetzt. Die Fruchtreife der schafttragenden Arten erfolgt im ersten Frühling, während die übrigen ihre Früchte um mehrere Monate später zur Reife bringen.

Vorkommen: Die Equiseten lieben am meisten feuchte und schattige Standorte, sie wachsen daher am häufigsten in Sümpfen und fliessenden Gewässern, sowie am Saume schattiger Wälder, zum Theil aber auch auf trockenen Stellen des Flachlandes und der Gebirge. Die Familie hat zwar in allen Zonen und Welttheilen ihre Repräsentanten und einzelne Arten sind über den grössten Theil der Erde verbreitet, aber die meisten gehören der nördlichen gemässigten Zone an. Dass die Flora der Vorwelt eine Reihe von Arten dieser Familie besass, welche alle eine weit bedeutendere Grösse hatten als die jetzt lebenden, beweisen die fossilen Reste, die in nicht geringer Zahl in den verschiedenen Gebirgsschichten aufgefunden werden.

Eigenschaften: In medicinischer Beziehung sind die hierher gehörigen Pflanzen von geringer Wichtigkeit, obgleich man früher denselben diuretische Kräfte zuschrieb; der grosse Gehalt an Kieselsäure macht dieselben jedoch in technischer Beziehung verwendbar, indem sie als Polirmittel gebraucht werden.

Equisetum L., Schachtelhalm.
Charakter der der Familie.

E. arvense L., Ackerschachtelhalm, Kannenkraut, Zinnheu. Frühlingsstengel fertil, saftig, weich, glatt, hellröthlich, mit langen, aufgeblasenen, fast glockenförmigen Scheiden; Scheidenzähne acht, pfriemlich, schwärzlichbraun. Samenstengel steril, ästig, grün; Aeste meist einfach, zahlreich, lang, vierkantig, etwas rauh, ihr erstes Gelenk länger als die Stengelscheide. Scheidenzähne vier mit schmalem, weisslichem Hautrande. Officinell waren früher die Sommerstengel, Herba Equiseti minoris. Ein lästiges, auf Aeckern schwer auszurottendes Unkraut.

E. hyemale L., Winter- oder Polir-Schachtelhalm. Stengel starr, hart, durch Kieselspitzen rauh, von der Dicke eines Rabenkiels bis zu der eines Gänsekiels, 15—25 kantig, einfach, Scheiden dicht angedrückt, kaum länger als breit, mit vielen langen, pfriemlichen Zähnen, welche sehr bald abfallen und nur einen stumpf gekerbten Rand zurücklassen; die untersten Scheiden sind ganz schwarz, die anderen weissgelblich mit immer schmäler werdendem schwarzen Rande; zapfenartige Fruchtstände klein, schwarz mit einer Spitze, erst im zweiten Sommer erscheinend. Früher officinell als Herba Equiseti majoris. In feuchten Gehölzen, an Sumpfrändern vorkommend.

Dritte Klasse.

Lycopodiaceae DC. (Bärlappe).

Die Bildung von Macro- und Microsporen, aus der sich die Geschlechtsgeneration entwickelt, ist nur bei Selaginella und Isoëtes bis jetzt beobachtet worden. Die Macrospore bildet das weibliche Prothallium und ernährt dasselbe, letzteres wird niemals selbstständig; die Microsporen bilden nur die rudimentäre Andeutung eines Prothalliums und erzeugen die Spermatozoiden. Die sporenerzeugende Generation hat meist einen kriechenden, selten aufsteigenden oder aufrechten, meist ästigen und seiner Länge nach beblätterten Stengel. Die Blätter sind spiral-, selten wirtelständig, meist gedrängt und dachig, zuweilen auch einseitswendig, fast immer ungestielt. Die Früchte sitzen in den Blattwinkeln, entweder in der ganzen Länge des Stengels und der Aeste oder nur gegen den Gipfel hin vorkommend und dann oft wegen der schuppenförmig veränderten Blätter einen ähren- oder kätzchenartigen Fruchtstand bildend. Die Sporangien sind lederartig, häutig, ein- bis dreifächerig, in einer oder in drei Spalten aufspringend und dadurch fast zwei- oder dreiklappig, bald einförmig mit vielen staubfeinen Sporen erfüllt, bald von zweierlei Art, wo nämlich auf derselben Pflanze ausser den feinsporigen noch vierknöpfige, vier grössere Sporen einschliessende, Gehäuse angetroffen werden. Die Sporengehäuse haben meist eine nierenförmige, oft halbmondförmige, rundliche oder herzförmige, zuweilen auch quer ovale Gestalt, wobei sie einfächerig und zweiklappig, manchmal mit am Rande lappig eingerissenen Klappen er-

scheinen. Ausser den Früchten besitzen manche Arten in den Blattwinkeln gegen die Astgipfel hin noch besondere bulbillenartige Brutknospen, welche aus dicklichen, schuppenförmigen Blättchen bestehen und sich leicht von der Mutterpflanze trennen lassen. Die kleinen Sporen besitzen eine doppelte Haut, wovon die äussere oft netzartig oder mit Höckerchen und Stägelchen besetzt ist. Die grossen Sporen zeigen ebenfalls eine doppelte Membran, eine dicke lederartige und eine innere, viel zartere, welche die eigentliche Sporenzelle darstellt. Die Microsporen entsprechen den Antheridien, welche in ihrem Inneren direct Befruchtungskörperchen entwickeln. Die Macrosporen dagegen bilden einen vergänglichen Vorkeim, welcher nach aussen geöffnete Archegonien und in ihnen die Befruchtungskugeln (Keimbläschen) trägt. Dabei füllt der Vorkeim der Isoëteen die ganze Macrospore aus, während jener der Selaginelleen dagegen wie ein kappenförmiges Gewebe auf deren Spitze sitzt. Nach der Befruchtung bildet sich beim Brachsenkraut (Isoëtes) aus dem Keimbläschen sofort der Keim, bei Selaginella dagegen erst ein fadenförmiger Keimträger, welcher in die Spore hinabwächst, um daselbst erst den Embryo zu bilden. Die Fortpflanzung von Lycopodium ist noch unbekannt, man kennt bis jetzt nur Microsporen, deren weitere Entwickelung sich der Beobachtung entzogen hat. Die Lycopodiaceen sind mit wenigen Ausnahmen immergrüne, ausdauernde Pflanzen, deren Vegetationsperiode bei unseren einheimischen Arten zwischen Frühlingsanfang und Herbst, die Fruchtreife aber in die Monate Juli und August fällt.

Vorkommen: Der grösste Theil derselben wird zwar zwischen den Wendekreisen, besonders in den feuchten Niederungen, auf der Erde oder an Baumstämmen, seltener auf Bäumen wachsend, angetroffen, während die beiden gemässigten Zonen, wo sie mehr die Abhänge der Berge, zumal auf der Nordseite, lieben, kaum den vierten Theil derselben beherbergen; aber mehrere Arten sind dafür auch ausserhalb der heissen Zone in desto grösserer Menge der Individuen vorhanden und bis zur äussersten Vegetationsgrenze hin verbreitet, so dass es keinem Welttheil und keinem Himmelsstrich an Arten dieser zierlichen Familie fehlt. Baumartige existirten einstens mit Stämmen von 100′ Höhe und 3′ Durchmesser.

Eigenschaften: Scharfe, emetische, anthelmintische und purgirende Stoffe walten in dieser Familie vor.

Lycopodium L., Bärlapp. Sporenbehälter einzeln, achselständig, durch eine Querspalte in zwei Klappen aufspringend; Sporen zahlreich, mehlähnlich, tetraëdrisch, zu vier in dreiseitigen Körperchen zusammenhängend.

a) Ohne Aehren.

L. Selago L., Tannen-Bärlapp. Stengel steif, bogig aufsteigend, ein- bis viermal gegabelt; Blätter spiralig achtzeilig, gedrängt, derb, lineal-lanzettlich, zugespitzt, überwinternd, jung aufrecht, dann abstehend, zuletzt zurückgebogen, auf den mittleren die breit nierenförmigen Sporangien. In höheren Gebirgen Mitteleuropas. Die Pflanze war officinell als Herba Selaginis s. Musci erecti.

b) Aehren tragend.

1) Alle Blätter gleichartig, spiralig sitzend.

L. annotinum L., sprossender Bärlapp. Stengel kriechend mit zahlreichen, aufrechten, sparsam gegabelten Aesten; Blätter fünfzeilig, locker, steif, lineal-lanzettlich, spitzig, von Anfang an wagrecht abstehend, zuletzt abwärts gerichtet. Aehren einzeln, ungestielt; Deckblätter ei-deltaförmig mit trockenhäutigem Rande; Sporenbehälter am oberen Rande aufspringend. In schattigen Wäldern. Das von dieser Art stammende Lycopodium (Semen Lycopodii) hat drei Flächen, und nur die gewölbte zeigt ein weitmaschiges Netz.

L clavatum L., ächter Bärlapp, Kolbenmoos. Stengel weit umherkriechend, mit zahlreichen, wiederholt kurz gegabelten, aufsteigenden Aesten; Blätter dicht gedrängt, lineal, dachziegelig, in ein langes weisses Haar auslaufend; Aehren meist zu zwei auf einem mit verkümmerten Blättern locker besetzten Stiel; Deckblätter breit-eirund; Sporenbehälter am oberen Rande aufspringend. Officinell: Semen Lycopodii, Bärlappen- oder Hexenmehl, Streu- oder Blitzpulver. Diese Microsporen sind mit einem feinmaschigen Netze überzogen, dessen Leisten kleine Stacheln tragen. Alle äusserlich ähnlichen Pollenkörner sind daher mikroskopisch leicht als Verfälschungen zu erkennen. In trockenen Wäldern, auf Heiden.

2) Blätter der Nebenäste verschiedenartig, kreuzständig.

L. complanatum L., flacher Bärlapp. Stengel weit umherkriechend, theilweise unter dem Boden, wiederholt gegabelt, die unfruchtbaren Seitenzweige platt; Blätter schuppenförmig, dicklich, pfriemlich-lanzettlich, am Stengel meist achtzeilig, an den Seitenzweigen vierzeilig; Aehren an den Spitzen eines langen, oben ein- bis zweimal gegabelten Stiels; Deckblätter breit-eiförmig, zugespitzt, sparrig abstehend. Liefert auch Lycopodium, doch sind die Microsporen mit einem unregelmässigen, weitmaschigen Netze überzogen, Leisten stachellos. Auf Heiden.

Vierte Klasse.

Musci Dill. (Laubmoose).

Die Entwicklungsgeschichte der Laubmoose zeigt uns von der keimenden Spore bis zur Bildung neuer Sporen drei verschiedene Generationen, und zwar erzeugt die Spore zunächst einen algenfadenartigen Vorkeim, das Protonema-Gebilde, aus welchem durch seitliche Sprossung die eigentliche Laubmoospflanze entsteht die sich stets in Axe und Blätter differenzirt und bald nur aus

Parenchym zusammengesetzt ist, bald von einem centralen Bündel oder Cylinder gestreckter, gefässartiger Zellen durchzogen ist. An dieser Laubpflanze bilden sich die Geschlechtsorgane. Aus der Eizelle des befruchteten Archegoniums bildet sich endlich das Sporogonium, in welchem die Sporen, zum Unterschied von den Lebermoosen, ohne Schleudern, aus einem kleinen Theile des inneren Gewebes entstehen. Das Vegetationsorgan ist also ein mit deutlich gesonderten Blättern besetzter Stengel, welcher unterwärts oder so weit er den Boden berührt Wurzelhaare treibt, denen die Ernährung obliegt. Die Blätter sind spiralständig, meist allseits-, selten einseitswendig, häufig gedrängt, sitzend, stengelumfassend oder herablaufend, ganz und ganzrandig oder zähnig-gesägt, meist von einem bis drei Nerven, zu denen zuweilen noch Randnerven hinzutreten, durchzogen. Am Gipfel oder seitwärts am Stamme finden sich oft anders gestaltete Blättchen, die eine knospenförmige oder sternförmig-ausgebreitete Hülle bilden, in deren Centrum sich die Geschlechtsorgane befinden (Perichaetial-Blätter, Borstenhülle). Diese den Blüthen entsprechenden Organe stehen gehäuft, sind ein- oder zweihäusig, seltener zwitterig und mit haarähnlichen Neben- oder Saftfäden (Paraphysen) untermengt. Die in dem Archegonium befindliche Eizelle wird durch Eintreten der aus den Antheridien schwärmenden Befruchtungskörperchen in ihren Halstheil und nachheriges Verschmelzen mit denselben befruchtet. Das Archegonium betheiligt sich in sofern bei der Fruchtbildung, als sein Bauchtheil das sogenannte Scheidchen (vaginula) bildet, während der Halstheil als Haube oder Mütze (calyptra) von der kapselartigen Frucht, der Büchse (Theca), mittelst des Fruchtstiels (Seta, Borste) in die Höhe gehoben wird und als Schutz anzusehen ist, bis nach vollständiger Austrocknung dieser Theil freiwillig abfällt. Die mehr oder minder gestielten, aus zwei trennbaren Schichten (Aussen- und Innenhaut, Sporangium und Sporangidium) bestehenden Sporengehäuse sind meist bedeckelt (Operculum), selten geschlossen bleibend oder an der Seite in Längsspalten klaffend, dabei von einem Mittelsäulchen (Columella) durchzogen. Bei den bedeckelten Sporengehäusen ist die Mündung (Stoma) des unteren, Sporen enthaltenden, Theiles der oben genannten Büchse in den meisten Fällen mit verschieden gestalteten Fortsätzen, dem Besatze oder Mundbesatz (Peristomium), versehen. Ausser der Sporenbildung kommen bei den Moosen noch verschiedene Vermehrungsorgane vor, Brutknospen, Brutknöllchen, Brutkörner und Adventivwurzeln auf Blättern; ferner finden sich häufig Durchwachsungen (Prolificationes) und Sprossungen (Innovationes). Die meisten Moose sind zwar mehrjährig, doch giebt es auch viele einjährige; die Vegetationszeit und die Periode der Fruchtreife fällt bei der

Mehrzahl unserer einheimischen Arten in die Frühlingsmonate, für mehrere auch in den Herbst, für die wenigsten in den hohen Sommer.

Vorkommen: Alle Theile der Erde haben ihre Repräsentanten, am meisten vertreten sind sie jedoch in den kälteren Gegenden, wobei sie auf den verschiedensten Standorten, selbst im Wasser, fortkommen und oft grosse Landstriche dicht überziehen.

Eigenschaften: Ziemlich indifferent; wenige enthalten adstringirende und diuretisch wirkende Stoffe. Einige Torfmoos-Arten (Sphagnum) dienen im Norden als karge Nahrung für das Rennthier und den Menschen, andere gewähren das Material, um die Wohnungen im Winter gegen die Kälte zu schützen.

Man theilt die Musci frondosi ein in:

1) Musci schistocarpi C. Müll., spaltfrüchtige Laubmoose;
2) Musci cleistocarpi C. Müll., verschlossenfrüchtige Laubmoose;
3) Musci stegocarpi C. Müll., deckelfrüchtige Laubmoose.
   a) Acrocarpi: Frucht gipfelständig, zuletzt durch Sprossung der Axe unterhalb der Spitze seitenständig. Leben der Axe mit der Fruchtentwicklung endend.
   b) Pleurocarpi: Früchte seitenständig, aus seitenständigen Knospen hervorgehend. Leben der Axe auch nach der Fruchtentwicklung fortdauernd, und daher die Axe weiterwachsend.

Eigentlich officinelle Moose giebt es nicht; doch wird in neuerer Zeit wieder eine in Vergessenheit gerathene Moosgattung hier und da in Anwendung gebracht, die zu den Acrocarpen der deckelfrüchtigen Moose gehört.

Polytrichum Dill., Widerthon. Die Antheridien sind endständig, von einer scheibenförmigen Hülle umgeben; Kapselfrüchte mit einfachem Peristomium, aus 32 oder 64 Zähnen gebildet, am Grunde mit kreisrunder Erweiterung des Fruchtstiels (Aphophysis); die Mündung ist innen von einer Querhaut (Epiphragma) geschlossen, die Haube von langen, braunen Haaren bedeckt.

P. commune L., gemeiner Widerthon. Stengel einfach, mit am Rande fein gesägten, linear-lanzettlichen Blättern, grosser vierseitiger Büchse mit flach gewölbtem, am Rande bezähntem Deckel. Ein grosses Moos, das häufig auf Heideboden und Waldwiesen vorkommt. War früher als Herba Adianti aurei officinell wie seine nächsten Verwandten, P. formosum und juniperinum Hedw.

Die Familien der Rhizocarpeen (Wasserfarne) und der Hepaticae (Lebermoose) enthalten keine officinellen Pflanzen.

2. Acotyledones thallogenae (Cryptogamia gymnospermia). (Plantae cryptogamae cellulares), Zellkryptogamen, Thallophyten.

Die hierher gehörenden grossen Familien der Flechten, Pilze und Algen zeigen schon äusserlich sehr weit auseinandergehende Structurverhältnisse, und ebenso wenig lässt sich ihre Entwicklungsgeschichte auf einen für Alle gemeinsamen Ausdruck zurückführen. Bei genauerem Studium findet man gewisse Verwandtschaftsreihen heraus, die sich sogar bis zu den Moosen erstrecken. Im Allgemeinen fehlt den Thallophyten die Differenzirung in Stamm und Blätter; die fehlende Hauptwurzel haben sie mit den Muscineen und Characeen gemein; ebenso entbehren sie der Differenzirung in Grundgewebe und Gefässbündel. Ein sehr wichtiges Moment in der Entwicklungsgeschichte dieser niedersten Pflanzen bildet die Geschlechtsorganisation, so weit dieselbe bekannt ist, und vor Allem der vielgestaltige Generationswechsel (Polymorphismus).

Erste Klasse.

Lichenes (Flechten).

Das aus langgestreckten und rundlichen Zellen zusammengesetzte und höchst verschieden gestaltete Lager (Thallus) ist im vollkommensten ausgebildeten Zustande meist aus einer äusseren oder oberen, dichten, sogenannten Rindenschicht (Stratum corticale) und einer inneren oder unteren, gewöhnlich lockeren, Markschicht (Stratum medullare) zusammengesetzt und enthält zwischen beiden gewöhnlich noch eine Lage von chlorophyllhaltigen Zellen, die Brutschicht (Stratum gonymon). Man bezeichnet alle hierher gehörenden Flechten als solche mit mehrschichtigem Laube (Lichenes heteromerici) zum Unterschiede von denjenigen mit einschichtigem Laube (Lichenes homoeomerici). Während die ersteren in die strauchartigen Flechten (L. thamnoblasti), die Laubflechten (L phylloblasti) und die Krustenflechten (L. kryoblasti) zerfallen, enthält die zweite Gruppe nur die sogenannten Schleimflechten (L. gelatinosi). Meist aus dem oberen Theile des Lagers entspringen die Früchte, welche, obgleich von ziemlich verschiedener Bildung, darin übereinstimmen, dass sie die Sporen in bestimmter Zahl in Mutterzellen eingeschlossen enthalten. An der Flechtenfrucht (Apothe-

cium) unterscheidet man das Gehäuse oder den Behälter (Excipulum) und den eigentlichen Fruchtkörper (Thalamium). Ersteres besteht bald aus der unveränderten Lagersubstanz (Excipulum thallodes), bald aus einem von Lager verschiedenen eigenen Gehäuse (Excipulum proprium). Der Fruchtkörper bildet entweder eine oben unbedeckte Platte (Lamina, — angiospermische Flechten), oder einen von dem Gehäuse vollständig oder unvollständig eingeschlossenen Kern (Nucleus, — gymnospermische Flechten), welche beide aus dichtgedrängten, keulenförmigen oder verkehrt eirunden Schläuchen, mit schmalen Saftfäden (Paraphysen) untermischt, bestehen und in jedem Schlauche 2—16 oder viele, am häufigsten aber acht einfache oder zusammengesetzte Sporen führen. Die keimende Spore entwickelt nach allen Seiten strahlig auslaufende Fäden, die zu einem Fasergeflecht oder einem Pseudoparenchym zusammentreten und einen helleren oder dunkleren Fleck bilden, den man früher als den Hypothallus bezeichnete und aus dem sich schliesslich das Lager und die Früchte bilden sollten.

Mit Hilfe von haar- oder borstenförmigen Haftfasern befestigen sich die krustenartigen Flechten auf ihrer Unterlage. Von der gelben, braunen, grünen oder sonstigen Farbe des Chlorophylls, welches die Brutzellen (Gonidien) enthalten, hängt meist die Färbung der äusseren oder oberen Fläche des Lagers ab; die Form derselben ist bald rundlich, bald länglich oder sie sind, wie bei den Schichtflechten (Graphideen), vielgliederig, algenartig und wachsen durch Theilung der Endzelle in die Länge. Zu den Fortpflanzungsorganen der Flechten gehören, ausser den Apothecien, die Soredien, die sich in der Gonidienzone dadurch entwickeln, dass Gonidiengruppen mit eigenthümlichen Faserhüllen umgeben werden, worauf sie sich stark vergrössern und einen Druck auf die Rindenschicht ausüben, in Folge dessen dieselbe berstet und aus dem klaffenden Risse die Soredien auf die Oberfläche des Lagers hervortreten; dieselben vermehren sich dann in gleicher Weise, verfärben sich oft und häufen sich zu pulverigen Massen an oder entwickeln sich in günstigeren Fällen zu neuen Flechten. Ferner finden sich allgemein bei den Flechten Spermogonien und Spermatien. Es sind dies kleine, meist schmale, stabförmige Körperchen, welche einzeln oder reihenweise auf der Spitze dünner Zellfäden abgeschnürt werden und sich in grossen Mengen in eingesenkten Körpern, den Spermogonien, bilden. Geschlechtliche Befruchtungsvorgänge sind bis jetzt noch nicht beobachtet worden.

Bei den Flechten tragen der Standort und mancherlei äussere Einflüsse sehr viel zur Hemmung oder Förderung des Wachsthums und der normalen Ausbildung bei, und es giebt in keiner

anderen Pflanzenfamilie so viele blos von äusseren Bedingungen abhängige Formabänderungen einzelner Arten wie gerade bei den Flechten. Aus dieser gehemmten oder übereilten Entwicklung entstehen gewisse bei verschiedenen Gattungen vorkommende Umbildungen, welche, häufig mit Unrecht, als selbstständige Gattungen betrachtet und in das System eingereiht wurden.

Die Flechten sind ausdauernde Gewächse; die meisten scheinen ein sehr hohes Alter zu haben. Ihr Wachsthum findet zu allen Jahreszeiten statt, und wird nur durch die strenge Winterkälte und, wenn sie an trockenen Standorten wachsen, durch die ausdörrende Sonnenhitze unterbrochen. Auch hinsichtlich der Entwicklung und Reife der Frucht ist meist keine bestimmte Periode wahrzunehmen, da man bei den meisten das ganze Jahr hindurch Früchte in verschiedenem Zustande der Reife antrifft.

Vorkommen: Die Flechten wachsen fast immer an der Luft und ernähren sich theilweise ausschliesslich von derselben (Aerophytae), selten finden sie sich an von Wasser bespülten Stellen, wie an der Meeresküste und ihren Felsen. Ihre geographische Verbreitung erstreckt sich über das ganze bekannte Festland unserer Erde, so weit dasselbe nicht von ewigem Schnee und Eis bedeckt ist.

Eigenschaften: Die Zellmembranen vieler Flechten quellen, mit Wasser gekocht, zu einer gleichartigen Gallerte auf und bilden so die Moos- oder Flechtenstärke, das Lichenin, das als Nahrungsmittel für nordische Völker anerkannt ist und aus dem in neuester Zeit der Flechtenbranntwein dargestellt wird. Ferner enthalten sie Bitterstoffe, Farbstoffe und eigenthümliche Säuren. Eine grosse Rolle spielen die Flechten als die ersten Ansiedler auf kahlem Gestein, welches sie gleichsam für die Verwitterung vorbereiten, damit andere Pflanzengeschlechter sich ansiedeln können.

Zu medicinischen Zwecken wird gegenwärtig fast nur noch eine einzige Flechte verwendet, das bekannte isländische Moos, aus der Gruppe der strauchartigen Flechten.

Cetraria Ach. (Ramalineen). Thallus strauchartig, vielfach getheilt und verzweigt, aufsteigend, knorpelig-häutig; Lappen laubartig, flach oder rundlich-kantig, allseitig berindet, glänzend-glatt; Apothecien schildförmig, flach-concav, meist glänzend kastanienbraun, dem Thallusrande schief aufsitzend, mit erhabenem, eingekrümmtem Laubrande; die Schläuche enthalten acht kleine, einzellige, farblose Sporen und sind von fädigen Paraphysen umgeben; die in den randständigen Papillen oder kurzborstenförmigen Spitzchen befind-

lichen Spermogonien enthalten entweder stäbchenförmige oder an beiden Polen verdickte Spermatien.

C. islandica L., Isländisches Moos. Aufrechtes, am Grunde verschmälertes, rinnenförmig eingerolltes, nach oben allmälig breiter werdendes und unregelmässig dichotom zerschlitztes Lager, mit breiteren oder schmäleren, rinnenförmigen oder fast flachen Zipfeln, beiderseits kahl, am Rande mit braunen Wimpern, bräunlich-grün, stellenweise weisslich-grau, am Grunde blutroth angelaufen, knorpelig steif (angefeuchtet lederartig, weich). Am Ende der Lappen sind die kastanienbraunen, etwas vertieften Apothecien angewachsen; Sporen elliptisch-länglich. Officinell ist die ganze Pflanze, Lichen islandicus, mit 70 Proc. Lichenin, Lichesterinsäure, ein krystallisirendes Fett, Cetrarsäure, dem eigenthümlichen Bitterstoff. Der grüne Farbestoff der Gonidien ist Tallochlor. Die isländische Flechte ist im hohen Norden als ein wichtiges Nahrungsmittel allgemein verbreitet, sie reicht von Skandinavien bis Italien, in der Ebene wie auf Gebirgen.

Sticta Schreb. (Parmeliaceae). Thallus blattartig, horizontal ausgebreitet, gelappt, unterseits faserig-zottig; Apothecien schildförmig, meist am Rande der Thalluslappen; Schläuche meist gestreckt keulenförmig, achtsporig; Paraphysen locker verklebt, an den Spitzen gefärbt; Sporen spindelförmig, farblos, zwei- bis vierzellig.

St. pulmonaria L., Lungenmoos. Lager flach ausgebreitet, im Umfange in stumpfe Lappen ausgeschnitten, lederartig, auf der Oberseite kahl, grubig vertieft, braun, angefeuchtet braun-grün, auf der Unterseite gelblich, mit weisslichen, flach gewölbten Stellen, dünnfilzig, mit kurzen schwärzlichen Rhizinen.
Officinell war früher die ganze Pflanze, Herba Pulmonariae arboreae, Lichen pulmonarius; sie schmeckt schleimig bitter und enthält, neben den allgemeinen Flechtenbestandtheilen, einen der Cetrarsäure analogen Stoff, die Stictinsäure. In unseren Wäldern an Buchen, Eichen, Tannen wachsend.
Parmelia parietina Ach., die Wandflechte, war früher als Fiebermittel, Lichen parietinus, officinell.
Cladonia pyxidata Fr., eine Stielflechte, war als Lichen pyxidatus officinell, ebenso v. a.
Cladonia rangiferina Hoffm., Rennthierflechte, die Hauptnahrung der Rennthiere, in schlechten Zeiten selbst der Bewohner des hohen Nordens, wird auf Flechtenbranntwein in Skandinavien verarbeitet. Schliesslich sei noch des wichtigen blauen Farbestoffs, der als Reagens in der Chemie gebraucht wird, gedacht: Lacca musci, Lacca musica, Lakmus. Er wird aus verschiedenen in- und ausländischen Flechtenarten bereitet. Das meiste Material zur Lakmusbereitung liefert Rocella tinctoria DC., Krautorseille, Angolaflechte, vorzüglich von den felsigen Küsten der Azoren, der Canarischen und Capverdischen Inseln; dann Rocella fuciformis und phacopsis Ach. von Ceylon und Ostindien; schliesslich Lecanora tartarea und Verwandte aus Skandinavien und Schottland, und Pertusaria rupestris Fr. im Rhöngebirge und den Pyrenäen.

Zweite Klasse.

Fungi (Pilze, Schwämme).

Der Körper (Thallus) der Pilze besteht aus zwei Hauptgliedern, dem Mycelium und dem Fruchtträger. Das Vegetationsorgan (Pilzlager, Mycelium) stellt eine gleichförmige, flockige, d. h. aus meist verästelten Zellfäden gebildete Substanz dar, in welcher sich keine Schichten verschiedenen Gewebes erkennen lassen, die Fäden aber nicht selten durch einen schleimigen Stoff zu einer hautartigen Ausbreitung zusammengeklebt sind. Nirgends zeigt sich eine Andeutung von Axen- und Seitenorganen. Diese Zellfäden (Hyphen) sind chlorophyllfrei. Bei den niedersten Pilzen, den Phycomyceten, besteht der ganze vegetative Pilzkörper aus einer einzigen ungetheilten Zelle; bei der nächst höheren Abtheilung, den Schimmelpilzen, aus einem vielfach verzweigten Zellfaden. Bei den höchst Entwickelten erhebt sich aus dem Mycelium ein nach aussen hin bestimmter Körper mit mannigfachen Formen (der eigentliche Schwamm mit seinem Hut), wobei die Zellfäden oft in ein sogenanntes Scheinparenchym übergehen.

Schliesslich kann das Mycelium zu einer festen, knollenförmigen Masse heranwachsen (Dauermycelium) und bildet dann die sogenannten Sclerotien. Letztere können kürzere oder längere Zeit pausiren und dann einmal oder zu wiederholten Malen Fruchtträger erzeugen.

Die Fruchtträger (Stromata, Receptacula) sind höchst mannigfaltig gestaltet und bald mikroskopisch klein, bald bilden sie mächtige schirmartige Ausbreitungen. Bestehen sie nur aus einem einzelnen sich erhebenden Pilzfaden, so bezeichnet man sie als Fruchtfäden, andernfalls als Fruchtkörper. Bei den ersteren werden gewöhnlich die Enden des Fadens und dessen Verzweigungen, oft zu wiederholten Malen, als Sporen abgeschnürt; bei den Fruchtkörpern unterscheidet man hingegen die Fruchtschicht oder das Hymenium (Sporenlager), das bei den Hutpilzen bald von schmalen Lamellen, bald von stachelartigen Auftreibungen oder einer röhrigen Schicht gebildet wird. Der Fruchtkörper ist häufig vor der Reife von einer Haut (velum) überspannt. Ist Hut und Stiel davon eingehüllt, dann ist es ein velum universale, gegenüber dem velum partiale, wenn beim Zerreissen nur der Rest am Stiele übrig bleibt.

Bei den Gastromyceten (Bauch-, Balgpilze) sind die Fruchtschichten (Gleba) von einfachen oder doppelten Hüllen eingeschlossen (Peridia), die auf verschiedene Weise sich öffnen, um die Sporen zu entsenden. Die Pyrenomyceten (Kernpilze) haben warzenartige Erhebungen mit punktförmigen Oeffnungen

(Perithecia, Conçeptacula), in denen die Schläuche mit dem Sporeninhalt sich befinden. Man kennt ausser der Bildung von Sporangien mit Sporen, als einem ungeschlechtlichen Vorgange, bei einer grösseren Anzahl von Pilzen auch eine geschlechtliche Befruchtung. Die Formen und die Entstehungsweisen der Sporen sind sehr mannigfaltig und meist schon in einem Entwicklungskreise different. Sie entstehen durch Theilung, indem der Inhalt eines Sporangiums sich in Sporen verwandelt, oder auf Basidien, d. h. auf dem Gipfel oder auf stielartigen Ausstülpungen (Sterigmen) bestimmter Zellen (Basidiosporen, Akrosporen, Ectosporen), wobei Wiederholung und Verkettung stattfinden kann. Man bezeichnet die auf den Spitzen der Fäden abgeschnürten Sporen auch als Conidien. In seltenen Fällen bilden sich auf den Basidien endständige Sporangien. Sind die Sporen in besonderen Behältern, den Picniden, eingeschlossen, so heissen sie Stylosporen. Oder die Sporen entwickeln sich durch sogenannte freie Zellbildung in Sporenschläuchen (Asci, Thecae) in bestimmter Anzahl (Asco-Theca- oder Endosporen), wobei sie überdies von einem Perithecium umschlossen sind. Die in grösserer Anzahl vorhandenen Schläuche sind von haarförmigen Saftfäden (Paraphysen) umgeben.

Man kennt auch sogenannte Schwärmsporen (Zoosporen), die sich durch Sprengen der Zoosporangienwand frei machen und, mit Cilien versehen, längere Zeit herumtummeln, ehe sie zu neuen Pflanzen heranwachsen. Sporen, die längere Zeit im Ruhestand verharren, ehe sie sich entwickeln, bezeichnet man als Dauer- oder ruhende Sporen (Teleutosporen).

Eine eigenthümliche Vermehrungsmethode ist die durch Sprossung, eine fortdauernde Sporidienbildung, wie sie bei den verschiedenen Hefebildungen vorkommt.

Die geschlechtliche Fortpflanzung geschieht vermittelst der Oogonien und Antheridien. Erstere sind meist endständige, kugelige Zellen mit zusammengeballtem, protoplasmatischem Inhalte, den Befruchtungskugeln. Von dem Träger des Oogoniums oder in dessen Nähe wachsen Zweige nach dem letzteren, die anschwellen und durch eine Querwand ihren Inhalt an der Spitze abschnüren, die sogenannten Befruchtungsschläuche, welche die Oogonien-Wandung durchbrechen, die Befruchtungskugeln vermittelst Spermatozoiden befruchten, und die Veranlassung zur Bildung der einzelligen Eisporen (Oosporen) sind.

Auch findet die Vereinigung zweier gleichwerthigen Fäden an den angeschwollenen Enden (Fruchtkeulen) als Copulatio statt, wobei durch Abschnüren und Verschmelzen der beiden Copulationszellen die Fortpflanzungszelle (Jochspore, Zygospore) entsteht.

Auch die schon bei den Flechten erwähnten Spermogonien mit den Spermatien kommen in gleicher Weise bei den Pilzen vor. — Von besonderer Wichtigkeit ist der Generationswechsel, wobei äusserlich sehr verschiedene Pilzformen in bestimmter Reihenfolge sich entwickeln, bis der Cyclus wieder geschlossen ist. Dabei geschieht die Entwicklung auf derselben Unterlage oder sie ist von verschiedenen Pflanzen abhängig. So überwintern die Teleutosporen des Getreiderostes auf den Halmen verschiedener Gräser. Die Keimschläuche ihrer im Frühjahr entwickelten Sporidien dringen in die Oberhautzellen der Berberitze ein und wachsen daselbst zu dem früheren Genus Aecidium heran, dessen Aecidiensporen auf den Getreidearten die Uredosporen und schliesslich die Dauersporen aus dem Mycelium des Rostes entwickeln.

Vorkommen: Ihre Verbreitung erstreckt sich über die ganze Erde, so weit überhaupt Pflanzenwuchs vorkommt. Viele bedürfen nur eines sehr geringen Wärmegrades zu ihrem Gedeihen und verlangen im Allgemeinen nur sehr wenig Licht zu ihrem Wachsthum, können auch zuweilen desselben gänzlich entbehren. Alle Pilze bedürfen zu ihrer Ernährung vorgebildeter, organischer Substanz, weil ihnen in Ermangelung des Chlorophylls die Befähigung abgeht, aufgenommene Nährstoffe zu assimiliren. Viele sind daher Fäulnissbewohner (Saprophyten), welche sich auf todten, in Zersetzung begriffenen Organismen einfinden; andere sind ächte Schmarotzer (Parasiten), welche auf lebende Thiere oder Pflanzen angewiesen sind. Die meisten Pilze leben in anderen Organismen (Endophyten), nur wenige auf denselben (Epiphyten). Es giebt keine phanerogamische Pflanze, die nicht von Pilzen befallen wird.

Eigenschaften: Die Zellmembran besteht aus modificirter Cellulose, der Pilzcellulose. Sie enthalten fettartige Substanzen, Harz, Fungin, Mannit, bittere Extractivstoffe, Pflanzensäuren, phosphorsaure Salze, oxalsauren Kalk, und einen grossen Gehalt von stickstoffhaltigen Stoffen, worauf ihre theilweise Verwendung als vortreffliche Speisen beruht. Das giftige Princip vieler Gattungen und Arten ist nicht genau bekannt. Die Pilze sind die wasserreichste Pflanzenfamilie und entbehren zu allen Zeiten des Stärkemehls.

Ascomycetes (Schlauchpilze).

Elaphomyceae. — Knollenförmig geschlossene Gestalten, welche unter der Erde leben, aus einem vielfach verwebten Mycelium entspringen, eine harte, dunkle Schale (Peridium) haben,

innerhalb deren ein knäuelartiges Geflecht (Capillitium) von ästigen Fäden sich befindet, wovon ein Theil in Schläuche endet, die mit ein bis acht, bei der Reife schwarzen, stacheligen oder runzlichen Sporen erfüllt sind.

Elaphomyces granulatus Fries. (E. officinalis Nees.), Hirschtrüffel, Hirschbrunst. Fruchtkörper kuglig, wallnussgross, mit warziger Peridie und violett-schwarzer Sporenmasse; frisch-fleischig, saftig, widrig riechend; trocken-hart, spröde. War ehemals als Aphrodisiacum gebräuchlich, jetzt hier und da auf dem Lande zu Veterinärzwecken verwendet, Fungus s. Boletus cervinus. In Nadelholzwaldungen.

Zunächst dieser Familie steht die der Tuberaceae, wovon die Speisetrüffel, Tuber melanosporum Vittad. (T. cibarium Corda), und andere verwandte Arten in ökonomischer Hinsicht zu bemerken sind.

Sphaeriacei (Pyrenomycetes, Kernpilze). Das Mycelium hat verschiedene Zustände der Consistenz und Gestalt, meistens ist es kugelig und knorpelig. Der Pilzkörper enthält oft krugförmige, nach aussen offene Höhlen, welche mit dem Hymenium ausgekleidet sind, und ist theils kugelig und einzeln, theils findet sich eine Menge derselben auf einer gemeinschaftlichen halbkugeligen bis keulenförmigen Unterlage (Stroma) angewachsen und eingesenkt.

Claviceps purpurea Tulasne. Das Dauer-Mycelium (Sclerotium) hiervon ist der Fungus Secalis, Secale cornutum, das Mutterkorn. Tulasne's Untersuchungen haben gelehrt, dass das Mutterkorn, wie es sich in den Blüthen zahlreicher Cyperaceen und Gramineen entwickelt, kein selbstständiger Pilz, wofür man es ausgab und als Sclerotium Clavus DC. (Spermoedia Clavus Fries.) beschrieb, sei, sondern das Sclerotium verschiedener Claviceps-Arten. Der Generationswechsel des officinellen Roggen-Mutterkorns ist folgender: Der Pilz beginnt in der jugendlichen, von den Spelzen umschlossenen Getreideblüthe, indem zunächst der Grund des Fruchtknotens von zartem Pilzgewebe umschlossen wird, das sich oft bis zum Scheitel ausdehnt und in die Fruchtknotenwand eindringt, wobei die innere Wand und die Samenknospen später einschrumpfen. Statt des Fruchtknotens wächst ein weicher Körper, ein gefurchtes Hymenium heran, das Sterigmen erzeugt, an denen länglich-runde Conidien abgeschnürt werden (Sphacelia segetum Leveillé). Gleichzeitig scheidet sich ein zuckerhaltiger Saft, Roggen-Honigthau, aus dem chemisch veränderten Fruchtknoten. Das Gewebe des Pilzes wird dichter und nimmt eine kantige, mit differenzirter Rindenschicht versehene Form an, wobei es zu gleicher Zeit zwischen den Spelzen hervortritt und die Sclerotien-Bildung darstellt. Das auf dem Felde ausfallende Mutterkorn producirt im kommenden Frühjahr direct die Fruchtträger. Die Rinde erhält Risse und aus den Spalten erheben sich anfangs weisse, dann purpurfarbene Köpfchen auf schlanken, hin- und hergebogenen violetten Stielchen. An der Oberfläche der Köpfchen treten kleine Wärzchen hervor mit den Mündungen der Perithecien, die eine grosse Anzahl zarter Schläuche mit je acht fadenförmigen

Sporen umschliessen. Diese Sporen, in die junge Roggenblüthe gebracht, erzeugen wieder bei günstiger Witterung die Sphacelia und das Sclerotium. Dieses wichtige Arzneimittel enthält fettes Oel, zwei Alkaloide, das Ecbolin und das Ergotin, welche an die flüchtige Ergotsäure gebunden sind und die Träger der eigenthümlichen Wirksamkeit des Mutterkorns zu sein scheinen, ferner Mutterkornzucker (Mycose) und Phosphate.

In grösseren Mengen dem Getreidemehl beigemengt, macht es den Genuss des daraus bereiteten Brodes etc. gefährlich. Es war in früheren Zeiten öfters die Veranlassung von epidemisch grassirenden Seuchen, die mit den verschiedensten Namen belegt wurden, als: Ignis sacer, Pestis igniaria, Mutterkornbrand, Brandseuche, Kriebelkrankheit, Kernstaupe, Raphania etc.

Basidiomycetes (Basidiensporige Pilze).

Polyporei (Hymenomycetes). Das Hymenium bildet Röhren oder Gruben, welche von den Basidien überzogen werden. Der Träger ist theils schirm- oder hutförmig, theils muschelförmig und enthält das Hymenium gewöhnlich auf der Unterfläche, bisweilen jedoch auf der Oberfläche, wenn das Lager kriechend und mit der Rückseite angewachsen ist.

Polyporus Fr., Löcherpilz. Hymenium auf der Unterseite des Hutes einen röhrigen Ueberzug bildend.

P. officinalis Fries. (Boletus Laricis L. B. purgans Pers.), Lärchenschwamm. Hut sitzend, weisslich gelb, mit dem Alter dunkler und mit bräunlichen, concentrischen Zonen versehen, auf der Unterseite dicht und fein porös, im Inneren schwammig, faserig, leicht zerreiblich, von dumpfem Geruch und anfangs süsslichem, dann widrig-bitterem Geschmack. Auf Stämmen der Larix decidua Mill. (L. rossica Ledeb.), im südlichen Europa, Russland und Sibirien, bis zwölf Pfund schwer werdend. Häufig ist durch Schälen die zerklüftete Rinde entfernt. Officinell ist der ganze Hut, Fungus Laricis s. Agaricus albus. Er enthält reichlich ein drastisch wirkendes Harz, nebst Fumar-, Aepfel- und Citronensäure.

P. fomentarius Fr., Zunder, Feuerschwamm. Hut halbkreisrund, seitlich angewachsen, weich-schwammig, polsterförmig; Oberseite anfangs rauchgrau, später weissgrau, nackt, mit erhabenen concentrischen Gürteln; Unterseite rostbraun mit sehr dicht stehenden engen Röhrchen. Zur Zunderbereitung nimmt man nur die unter der Rinde befindliche hellzimmtbraune Gewebsschicht, die eingeweicht, durch Kneten, Klopfen und Reiben in die weichen Platten der bekannten Waare umgewandelt wird und zwar darf der zu chirurgischen Zwecken zu verwendende Schwamm nicht mit Salpeterlösung behandelt worden sein, — Agaricus chirurgorum s. Fungus igniarius. Er kommt in Laubwäldern, besonders auf Buchenstämmen, in fast ganz Europa vor.

P. igniarius Fr. (Boletus igniarius L.), Feuerlöcherpilz, ist bei weitem härter und liefert deshalb keinen echten Zunder.

P. suaveolens Fr. lieferte früher den officinellen Weidenschwamm, Fungus Salicis.
Exidia auricula Judae Fr. (Perira Auricula L.), gemeiner Ohrpilz, Judasohr. Der ganze, frisch gallertartige, getrocknet oberseits kahle, dunkelbraune, unterseits runzliche, grau-zottige Pilz wächst vorzüglich auf alten Hollunderstämmen und war als Fungus Sambuci s. Auricula Judae officinell.

Fam. Agaricini (Hymenomycetes).

Das Hymenium ist auf dünnen Lamellen ausgebreitet, welche strahlig oder concentrisch, selten maschig verbunden, befestigt sind; der Träger ist meist hut- oder schirmförmig.

Agaricus muscarius L., Fliegentödtender Blätterpilz, Fliegenschwamm. Der sehr häufig in Wäldern vorkommende hochrothe, mit weissen Warzen, den Resten des velums, versehene Schwamm hat rein weisse Lamellen und einen am Grunde knollig verdickten Strunk, welcher letztere als Fungus muscarius mit scharf narkotischen Eigenschaften (Amanitin) officinell war.
Andere giftige oder schädliche Arten dieser und anderer Familien sind:
A. phalloides Fr., Knollenschwamm.
A. piperatus L., Pfefferschwamm.
A. blennius Fr., Grüner Milchblätterschwamm.
A. (Russula) emeticus Schaeff., Speiteufel.
Boletus Satanas Lenz., Teufelspilz, und
B. pachypus Lenz., Dickfuss. Beide verfärben sich an der Luft beim Zerbrechen sofort und werden grün, blau etc.
Phallus impudicus L., Eichelpilz, Giftmorchel, soll mit Erfolg in neuester Zeit gegen Wassersucht angewendet werden
Meruleus lacrymans L., Thränenschwamm, zerstört in kürzester Zeit das Holzwerk unserer Häuser, Hausschwamm.
Die hauptsächlichsten essbaren Pilze sind:
A. campestris L., Champignon.
A. caesareus Schaeff., Kaiserling.
A. procerus Scop., Parasolschwamm.
A. deliciosus L., ächter Reizker.
A. volemus Fr., Brätling u. v. A. — Ferner
Cantharellus cibarius Fr., Eierschwamm, Pfifferling.
Boletus edulis Bull., Steinpilz.
Hydnum repandum L., Stachelpilz.
Helvella esculenta Pers., Frühlorchel.
Morchella conica Pers., Spitzmorchel.
Clavaria Botrytis Pers. u. A, Ziegenbart, Korallenschwamm.

Fam. Gastromycetes (Bauchpilze).

Das Hymenium befindet sich innerhalb eines Behälters (Peridium) oder Trägers, auf vielfach verschlungenen Falten mit unregelmässigen Höhlungen. Die Basidien ragen in die dadurch

entstandenen Räume hinein. Gestalt meist kugelig oder keulenförmig, öfters in bestimmte Schichten und Abtheilungen sich spaltend und in verschiedener Weise sich öffnend.

Lycoperdon Fries., Flockenstäubling. Peridium häutig, am Scheitel unregelmässig aufbrechend, nachdem die äussere Schicht sich abgelöst hat; Basidien nach Abschnüren der Sporen rasch verschwindend.

L. Bovista L. und L. caelatum Bull., Bovist, Hexeneier. Die Peridie der ersteren Art ist kuglig oder eiförmig, verschieden gross, die der zweiten nach abwärts in einen verkehrt kegelförmigen Strunk verschmälert. Hin und wieder wird noch die in der geöffneten Peridie zurückbleibende, zunderartige Capillitium-Masse bei Blutungen angewendet, so wie zum Betäuben beim Schwärmen der Bienen. Fungus Bovista s. Fungus chirurgorum s. Crepitus Lupi.

Dritte Klasse.

Algae (Algen, Tange).

Das Vegetationsorgan der Algen ist sehr verschieden gebildet; in den einfachsten Formen besteht dasselbe für jedes Individuum aus einer einzelnen, einfachen, mikroskopisch-kleinen Zelle, welche jedoch auch oft schon lang gestreckt und verästelt ist und dadurch zum Theil die Bildung eines zusammengesetzten Individuums nachahmt (Botrydium, Caulerpa). Oft bilden viele einzellige Algen eine Zellcolonie, die wie ein Individuum sich ausnimmt. Dann kommen mehrere Zellen vereinigt vor und zwar zu einem gegliederten Faden oder Bande an einander gereihet (Algenfäden), oder in einfacher Schichtung zu einer Platte oder einer hautartigen Ausbreitung verbunden (Algenflächen), (Ulvaceen, Meerkohl), und endlich sind die Zellen zu einem Gewebe zusammengefügt (Algenkörper), wodurch ein flechtenähnliches Lager, ein laubartiges oder stengelähnliches, zum Theil schon mit Scheinaxen und Seitenorganen versehenes Gebilde entsteht. In diesen, aus wirklichen Zellgeweben zusammengesetzten, Formen lässt sich auch häufig eine äussere, meist dichtere Rindenschicht und eine innere, meist lockere Markschicht, zuweilen mit einer dazwischenliegenden, einer Brutschicht ähnlichen Schicht unterscheiden.

Die Vermehrung und Fortpflanzung der Algen geschieht auf verschiedene Art. Ein häufiger Fall findet statt, indem die Pflanze sich in zwei Individuen theilt, wobei oft die entstandenen neuen Individuen kettenartig verbunden bleiben. (Diatomeen, Desmidiaceen, Zweitheilung); oder es lösen sich einzelne Zellen (Brutzellen) oder Zellcomplexe von der Mutterpflanze ab und wachsen zu neuen Algen heran. Dahin rechnen wir die Vier-

lingsfrüchte (Tetrasporen) der Florideen u. A. Eine häufige Vermehrungsmethode bei Süsswasser- und Meeresalgen besteht in der Bildung von Schwärmsporen (Zoosporen). Eine oder mehrere nackte Zellen entstehen in einer der Zellen der Mutterpflanze, und werden durch Bersten der letzteren frei. Sie tummeln sich mit Hilfe von Cilien längere Zeit im Wasser herum, bis sie zur Ruhe kommen, sich mit einer Membran umgeben und alsbald zur neuen Alge heranwachsen.

Die schon bei den Pilzen vorkommende Copulation findet allgemein bei der Familie der Conjugaten statt, und ebenso die Bildung von Keimzellen durch Vermischung des Inhaltes zweier differenter Zellen. In den männlichen Befruchtungsorganen (Antheridien, Hörnchen) bilden sich sehr kleine Spermatozoïden mit Bewegungs-Wimpern, die frei geworden das Bestreben zeigen, sich mit der durch Platzen der weiblichen Befruchtungskugel (Oogonium) offen gelegten Protoplasmakugel zu vereinigen. Die dadurch befruchtete Eizelle umkleidet sich alsbald mit einer Zellstoffmembran und wird zur Ei- oder Oospore, die meist als Dauerspore überwintert, während das Pflanzenindividuum zu Grunde geht. Am klarsten ist der ganze Vorgang bei den Vaucherien und Oedogonien beobachtet.

Für unseren Zweck sind vor Allem die höheren meerbewohnenden Algen von Belang, die oftmals ein durch enorme Grösse ausgezeichnetes Lager (Phytoma) besitzen. Auch bei ihnen sind Reproductionsorgane beobachtet worden; verschieden gestaltete, aus farblosen Zellen zusammengesetzte Gebilde, die Antheridien, von denen jede Zelle ein bewegungs- und meist cilienloses Samenkörperchen enthält und Oosporangien, die grosse, rundliche und gefärbte Sporen (2 — 8) enthalten. Beide Organe kommen meist gehäuft vor, bald auf einem Individuum vereinigt, bald getrennt. Bei den Fucoiden sind die Reproductionsorgane gewöhnlich als Wärzchen über den Thallus zerstreut oder zu besonderen Endorganen vereinigt. Jede Warze enthält in einer Fruchthöhle (Conceptaculum), von Paraphysen begleitet, entweder blos Antheridien oder blos Sporangien oder beide vereinigt. Bei den Florideen wird nicht eine membranlose Protoplasmakugel, sondern ein mehrzelliger Körper befruchtet, aus welchem sich eine Kapselfrucht (Cystocarpium) bildet. Der zu befruchtende Körper trägt an seiner Spitze eine haarförmige Zelle (Trichogyne), an welche sich die befruchtenden, vom Wasser zugeführten Spermatozoiden anheften und in welche sie ihren Inhalt entleeren. Somit sind auch bei den Algen verschiedene aufeinanderfolgende Vermehrungsweisen bekannt, indem häufig auf die durch Schwärmsporen erzeugte Generation eine durch Befruchtung hervorgerufene folgt, verbunden mit Generationswechsel. — Die Lebensdauer der

Algen ist sehr verschieden, es giebt ein-, zwei- und mehrjährige; während Oscillarien, Conferven etc. nur wenige Wochen oder Monate bestehen, scheinen andere ein sehr hohes Alter zu erreichen, was sich aus der Grösse von 300 und mehr Metern schliessen lässt. Die Zeit der Fruchtbildung und Reife scheint bei manchen Arten bestimmt zu sein, bei vielen ist dies aber auch nicht der Fall, und man kann daher zu derselben Zeit Pflanzen mit und ohne Früchte antreffen, während andere Arten das ganze Jahr hindurch mit Früchten auf verschiedener Ausbildung gefunden werden.

Vorkommen: Die Algen leben fast alle im Wasser, sie kommen in süssem und salzigem vor, daher Süsswasser- und Meeresalgen. Nur wenige leben auf dem festen Lande, können aber theilweise vorübergehend austrocknen, um bei neuer Ueberfluthung ihren Entwicklungsgang fortzusetzen. Die Meeresalgen wachsen gewöhnlich an der Küste als ihrem Anheftungsboden und zwar häufig mit wurzelähnlichen Haftorganen. Doch findet man auch auf offener See, im grossen Ocean, Sargassum bacciferum in ungeheuren Massen und grosse Strecken gleich Wiesen über deckend, ohne alle Anheftung schwimmend. Auch von den Algen des süssen Wassers lösen sich viele nach der Keimung von ihrem Boden oder schwimmen von Anfang frei auf dem Wasserspiegel. Die Algen sind über alle Zonen verbreitet und so weit man bis jetzt gegen die Pole vorgedrungen, hat man im Meere noch Algen angetroffen.

Eigenschaften: Die Zellmembran der Algen ist durch ihr starkes Quellungsvermögen in kaltem Wasser ausgezeichnet; es bildet sich dadurch ein Reichthum an Pflanzenschleim, der die Anwendung zahlreicher Algen als nährende und einhüllende Mittel bedingt. Viele sind verkalkt und der kohlensaure Kalk in der Zellwand wie bei Corallina abgelagert oder zwischen den Zellen wie bei den Pilzen ausgeschieden. Die Zellwände der Diatomeen bestehen in Folge von incrustirter Kieselsäure aus sogenannten Kieselpanzern (Lorica), die trotz ihrer Kleinheit ganze Schichten von Infusorienerde oder Polirschiefer bilden. In den Zellen kommen farblose und mannigfach gefärbte wässerige Zellsäfte, Schleim, Protoplasma, häufig Stärke und vor Allem verschieden geformtes Chlorophyll vor, das auch häufig durch andere Farben, namentlich die rothe, verdeckt erscheint. Die chemische Analyse hat in vielen Algen überdies Mannit, und von anorganischen Stoffen insbesondere einen grossen Gehalt an Chlor-, Brom- und Jodverbindungen nachgewiesen. Die Asche der grossen Meeres-Tange diente früher zur Bereitung der Tang-Varec- oder Kelp-Soda; der Kelp dient noch heute zur Darstellung des in medicinischer und technischer Hinsicht so wichtigen Jod's.

Florideae (Blüthenalgen).

Mit wenigen Ausnahmen gehört diese formenreiche Algengruppe dem Meere an. Im normalen Zustand sind sie roth oder violett gefärbt, ihre Chlorophyllkörper sind durch ein rothes Pigment verdeckt. Von den übrigen Algen unterscheiden sie sich durch den Mangel an Schwärmsporen und den abweichenden Befruchtungsapparat) unbewegliche Spermatozoiden und Trichogyne, die sich durch Copulation vereinigen und erst mittelbar die Sporenbildung veranlassen). Die ungeschlechtlichen Fortpflanzungsorgane sind oben schon erwähnt.

Sphaerococcus Ag., Knopftang. Thallus flach oder rinnenförmig, wiederholt dichotom getheilt; Abschnitte bald breiter, bald schmäler, am Ende zweispaltig, feinzerschlitzt, gewimpert oder kraus. Die ganze Pflanze hornartig, im Wasser stark aufquellend und dann knorpelig, schlüpferig; durch Bleichen blassgelb oder bräunlichgelb.

Sph. crispus Ag., Irländisches Moos. In Gestalt und Theilung ausserordentlich wechselndes flaches Lager. Die halbkugligen Cystocarpien sind im Gewebe des Lagers eingesenkt und ragen auf der einen Seite desselben nur wenig hervor, während auf entgegengesetzter Seite kleine rundliche Vertiefungen dem entsprechen.

Sph. mamillosus Ag. hat ein kürzeres, rinnenförmiges Lager mit auf beiden Seiten mehr oder weniger hervortretenden, ei- oder keulenförmigen Cystocarpien.

Beide kommen an felsigen Gestaden des atlantischen Oceans häufig vor und werden durch die Stürme und die Fluth ans Ufer geworfen, was besonders häufig an den Küsten Irlands und Schottlands geschieht. Man sammelt sie daselbst und bringt sie getrocknet über England in den Handel. Sie besitzen einen faden, schleimigen Geschmack mit deutlichem Seegeruch. Ihres eigenthümlichen Schleimgehaltes wegen sind sie schon längst im Norden als Nahrungs- und Heilmittel im Gebrauch, Alga Caragheen s. Carrageen s. Fucus crispus.

Sph. lichenoides Ag., Stärke-, Zeylon- oder Jafna-Moos. Lager stielrund, wiederholt gabeltheilig, lang, etwas zähe und feinrunzelig, von gelblich-weisser Farbe. Am häufigsten an den Küsten Zeylons und Java's vorkommend, wird das Zeylon-Moos schon längst in Indien als Nahrungs- und Arzneimittel gebraucht. Es wird in gleicher Weise wie Carragheen gebraucht, Alga Zeylanica s. Fucus amylaceus, und enthält, ausser grossem Schleimgehalt, Stärkemehl, Gummi und Salze. Es soll die Salangane ihre essbaren Schwalbennester daraus bauen.

Sph. spinosus Ag. (Euchema spin Ktzg. Gigartina spin. Grev.). Lager unregelmässig verzweigt, stielrund, gerippt, mit kegelförmigen Auswüchsen von blassröthlicher Farbe und hornartiger Consistenz. Im indischen Ocean und als ostindisches Carragheen s. Agar-Agar von Makassar im Handel.

Sph. compressus Ag.
Sph. tenax Ag.
Sph. cartilagineus Gaill. } Ostindischer Ocean.

Sie kommen über Singapore in grossen Quantitäten als ostindische Hausenblase, in neuerer Zeit als Nahrungs- und Klebemittel, in den Handel (Japanischer Agar-Agar, Tjientjan der Chinesen).
Unter den Namen Helminthochortos, Wurmmoos, Wurmtang kommt ein Gemenge von Florideen im Handel vor, die aus der Nordsee, dem atlantischen Ocean und dem Mittelmeere stammen, meist von schmutziger schwärzlich-violetter Farbe, mit starkem Seegeruch und salzig-schleimigem Geschmack. Der eigentliche Wurmtang, Alsidium Helminthochortos Ktzg., findet sich nur bei der im Mittelmeer gesammelten Drogue.

Fucoideae (Ledertange).

Grosse Meeresalgen, deren oft viele Fuss lange blattartige Thallome eine grünbraune Färbung und lederartige Consistenz haben. Sie sitzen mit einer verzweigten Haftscheibe an Steinen etc. fest. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist oben angedeutet worden.

Fucus vesiculosus L., Blasentang. Lager flach, dichotom getheilt; Abschnitte lineal, am Ende abgerundet; der ganzen Länge nach beiderseits von einer vorspringenden Mittelrippe durchzogen, und auf seiner Fläche oder auf einzelnen Enden seiner Zweige mit kugligen Fruchtkörpern bedeckt. Hier und da sind überdies Luftsäcke längs der Mittelrippe oder in den Gabelspalten dem Lager eingewachsen. In allen europäischen Meeren nebst F. serratus L. massenhaft vorkommend. Die Kohle war ehemals als Aethiops vegetabilis officinell. In Frankreich und Grossbritannien wird der Blasentang zur fabrikmässigen Gewinnung des Jods verwendet. Ebenso Laminaria species und Cystoseira siliquosa L.
Laminaria digitata Lamx. Lager eine rundliche Scheibe, die durch Einschnitte handförmig getheilt erscheint. Nach abwärts zieht sich dasselbe in einen langen, stielrunden Stengel zusammen, der mit einer wurzelähnlichen Haftscheibe endet. Der Laminarienstiel kommt in den Handel und wird medicinisch, seines Quellungsvermögens wegen, als Quellmeissel und Sonde in der Chirurgie verwendet.

Register.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

I. J.

M.

N.

O.

P.

U.

V.

W.

Druck von Hüthel & Legler in Leipzig.



Die

Elemente der Pharmacie.

Unter Mitwirkung

von

Dr. G. Jäger,
Professor am Polytechnicum zu Stuttgart

und

Dr. W. Städel,
Privatdoc. an der naturw. Facultät in Tübingen,

herausgegeben

von

Dr. J. B. Henkel,
Professor der Pharmacie in Tübingen.

Mit zahlreichen Holzschnitten.

Dritter Theil.

Zoologie.

Bearbeitet von Prof. Dr. G. Jäger.

Leipzig.
Ernst Günther's Verlag.
1874.

Allgemeine

und

medicinisch-pharmaceutische

Zoologie.

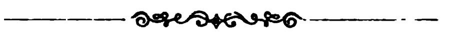
Zum Gebrauche für angehende

Pharmaceuten, Mediciner und Chemiker

von

Dr. G. Jäger,

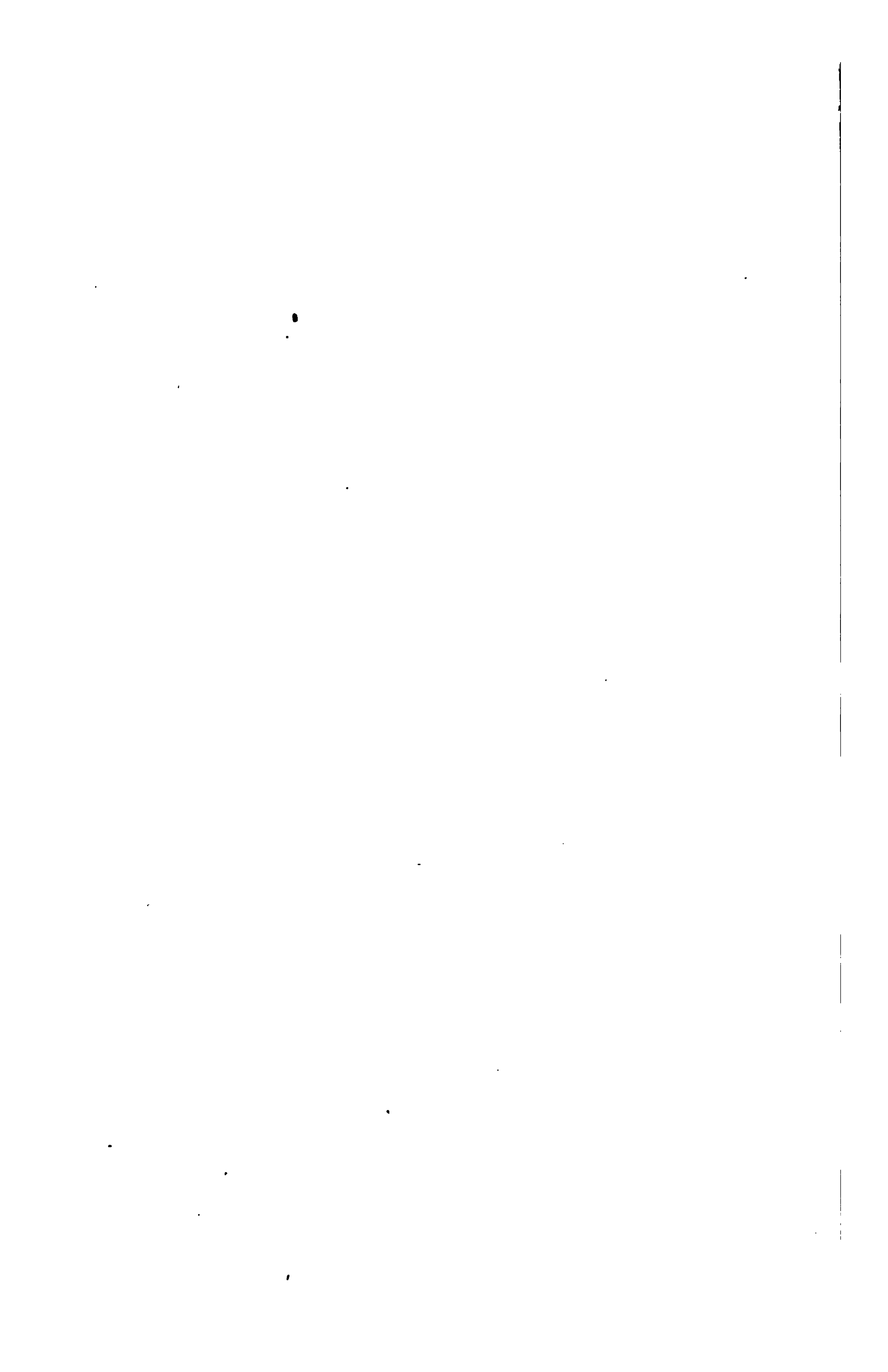
Professor am Polytechnicum in Stuttgart.



Leipzig.

Ernst Günther's Verlag.

1874.



Systematisches Inhaltsverzeichniss.

Band III.

Allgemeine und medicinisch-pharmaceutische Zoologie.

Allgemeiner Theil.

I. Abschnitt: Die Substanz des Thierkörpers.

(Zoochemie.)

II. Abschnitt: Der Bau des Thierkörpers.

(Morphologie)

III. Abschnitt: Die thierischen Verrichtungen.

(Physiologie.)

Specieller Theil.

I. Abschnitt: Pharmaceutische Thiere.

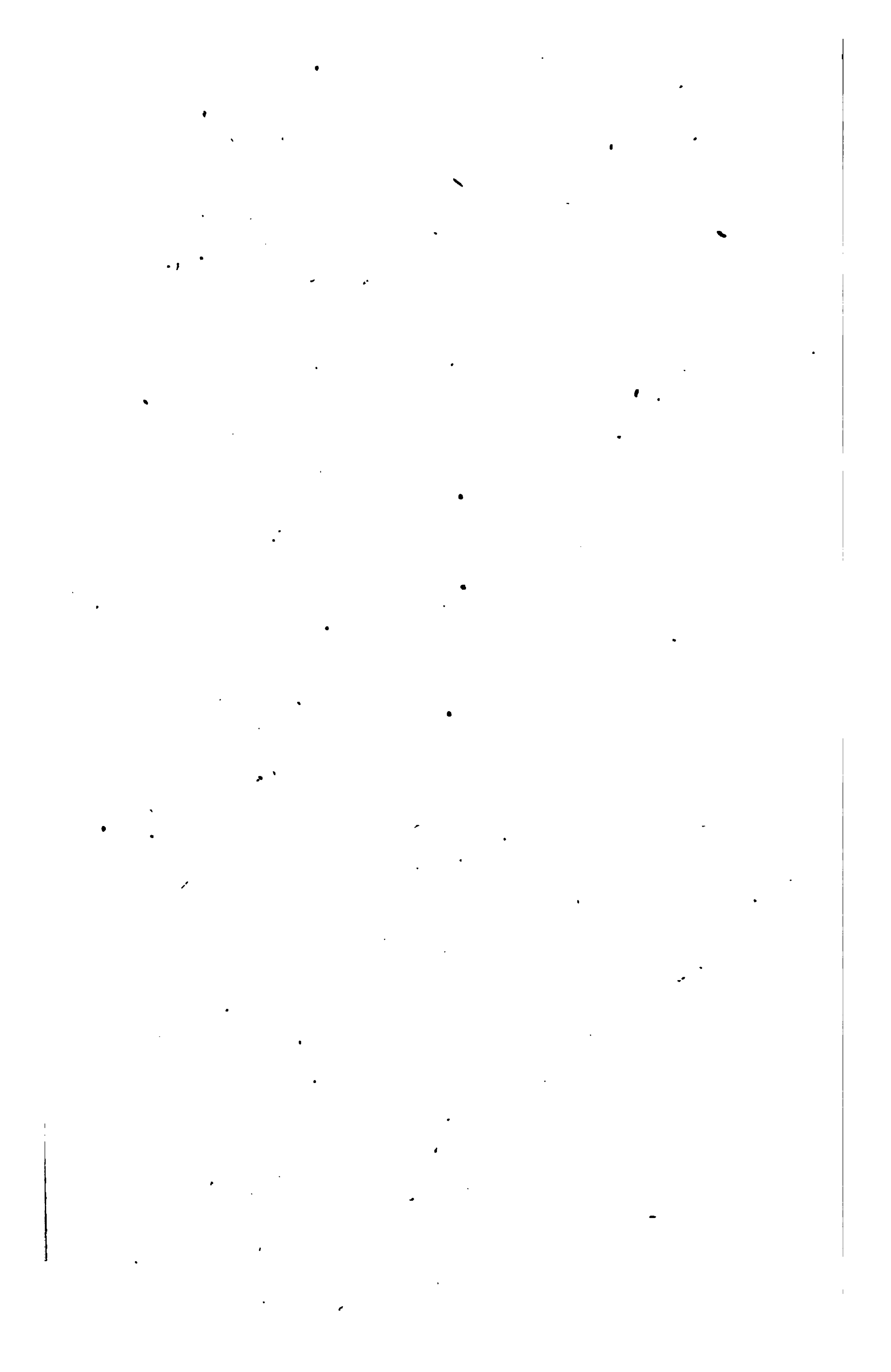
II. Abschnitt: Materialzerstörer.

III. Abschnitt: Giftige Thiere.

IV. Abschnitt: Die menschlichen Parasiten.

Zoologie

deren Elemente und Schilderung der pharmaceutisch-
wichtigen Thiere.



Einleitung.

Die Thierkunde (Zoologie) zerfällt, wie jede naturwissenschaftliche Lehre, in einen allgemeinen und einen speziellen Theil. Während der letztere die einzelnen Thiere beschreibt nach Gestalt, Lebensweise und Anwendung, betrachtet der erstere die für alle Thiere geltenden Verhältnisse und Gesetze. Der folgende Grundriss will beiden Theilen gerecht werden und zwar in nachstehend angedeuteter Weise.

Der allgemeine Theil soll dem Leser ein präcises Bild von dem Wesen und Bau des Thierkörpers von seinem Werden und Vergehen, seinen Verrichtungen und Existenzbedingungen, von der Stellung der Thierwelt im Gefüge der Natur geben; allerdings nicht mit all' den Einzelheiten geschmückt, mit welchen es der Fachmann in sich aufzunehmen hat, sondern so wie es heutzutage Jeder, der auf allgemeine naturwissenschaftliche Bildung Anspruch machen will, namentlich aber der, den sein Beruf so vielfach mit Produkten aus diesem Reiche in Berührung bringt, wie den Pharmaceuten, sich zu eigen machen soll.

Der spezielle Theil des vorliegenden Leitfadens accommodirt sich dem ganz bestimmten Zweck, dem angehenden Pharmaceuten diejenigen Thiere in systematischer Ordnung vorzuführen, welche durch ihre Produkte oder ihre sonstige Thätigkeit ihn in seinem späteren Berufe interessiren müssen. Auch in dieser Beziehung verlangen neue Zeiten neue Bücher, weil der Mensch in der Verwendung der Naturprodukte für seine Zwecke die Kreise immer weiter zieht.

Da dieser Leitfaden der Natur der Sache nach in engen Rahmen gepasst ist, so muss die Darstellung kurz und bündig sein und sich auf das Wesentlichste beschränken. Um aber auch dem, welcher weiter in der Erforschung der hier behandelten Gegenstände vordringen will, behülflich zu sein, sollen jedesmal die Hauptwerke der betreffenden Fachliteratur angeführt werden.

Allgemeiner Theil.

Gliederung desselben.

Jedes lebende Naturprodukt ist einer vierfachen Betrachtungsweise zugänglich; 1) in Bezug auf seine Substanz — Chemie, 2) in Bezug auf seine Gestalt — Morphologie, 3) in Bezug auf seine Verrichtungen — Physiologie, 4) in Bezug auf seine Geschichte — Biologie. Jeder dieser Abschnitte gliedert sich in der Weise, dass deren Inhalt von dem ersten bis zum vierten stetig zunimmt, so dass der erste den einfachsten, der letztere den complizirtesten Inhalt besitzt; weiter fusst jeder folgende Abschnitt auf allen ihm vorangegangenen und das Ganze auf einiger Bekanntschaft mit allgemeiner Chemie und Physik.

I. Abschnitt.

Die Substanz des Thierkörpers.

(Zoochemie.)

§. 1. Quelle derselben.

Die Quelle der thierischen Substanz ist das Pflanzenreich, denn die wesentlichen Gewebsbildner des Thierkörpers (die Eiweissstoffe und Fette) sind chemisch nicht erheblich verschieden von denen der Pflanze.

Die Fähigkeit, thierische Substanz zu bilden, kommt nur den letztern zu und jenen niedersten zwischen Thier- und Pflanzenreich stehenden Organismen, die man jetzt als eigenes Zwischenreich (Protoonten, Protisten) ansieht. Diese nehmen als Nahrung aus Luft und Boden Kohlensäure, Ammoniak, Wasser, Salpetersäure und anorganische Salze auf und verwandeln sie auf syn-

thetischem Wege unter Abscheidung von Sauerstoff in Eiweisskörper, Fette, Kohlenhydrate etc. Die Salze bleiben theils unverändert, theils erhalten sie organische Säuren.

Die Stoffe der Pflanze werden von den Thieren als Nahrung aufgenommen und 1) ohne wesentliche chemische Veränderung zum Aufbau der Gewebe verwendet, — dies gilt besonders von den Eiweisskörpern, den anorganischen Salzen und einem Theil der Fette und Kohlenhydrate; oder 2) unter Oxydation ziemlich rasch wieder abgeschieden, — dies gilt vom grössten Theil der Fette und Kohlenhydrate und einem geringeren Theile der Albuminate. — Der Thierkörper ist mithin reicher an Eiweisskörpern und ärmer an Kohlenhydraten, als der Leib der Pflanzen. In Bezug auf das Fett sind die Unterschiede nicht constant.

Der Thierkörper zersetzt jedoch auch diejenigen Substanzen, die er zum Aufbau der Gewebe verwendet hat, fortwährend, indem er sie mit Hülfe des stetig in ihn eindringenden Sauerstoffstromes langsam verbrennt, d. h. in sauerstoffreichere Verbindungen überführt. Schliesslich verlassen die so zersetzten Stoffe den Thierkörper und zwar als Kohlensäure, Wasser, Harnstoff, Harn- und Hippursäure etc. und anorganische Salze. (Näheres hierüber im dritten Abschnitt.)

§. 2. Gewebsbildner.

Die wichtigsten Gewebsbildner sind die Eiweisskörper (Albuminate, Proteïnstoffe); sie sind zusammengesetzt aus Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Schwefel; allein eine sichere Formel hat sich noch nicht finden lassen.

Folgendes sind ihre Haupt-Eigenschaften:

1) Jeder kommt in einer in Wasser löslichen und einer darin unlöslichen Modifikation vor und die letztere ist in sehr hohem Grade quellungsfähig; Austrocknung verwandelt sie in eine hornartig durchscheinende Masse. Sie sind nicht flüchtig, nicht krystallisirbar, geschmack- und geruchlos, chemisch indifferent und verbrennen mit Horngeruch. Sie zersetzen sich selbst sehr leicht und veranlassen andere zersetzungsfähige Stoffe gleichfalls zur Zersetzung, sind also sogenannte Fermente.

2) Durch Säuren, Alkalien und Fäulniss entstehen aus ihnen: flüchtige Fettsäuren, Leucin, Tyrosin, Ammoniak, flüchtige Basen, Schwefelammonium und ein flüchtiger krystallisirbarer Körper von dem Geruch des Kothes des betreffenden Thieres.

Von Eiweissstoffen kennt man bis jetzt folgende genauer:

1) Eiweiss (Albumin) in den Säften aller Organe. Es geht in der Hitze aus der löslichen in die unlösliche Modifikation über d. h. gerinnt.

2) Globulin, der wesentliche Bestandtheil der Blutkörperchen (87% der Trockensubstanz), der Augenlinse etc., braucht zum Gerinnen einen höheren Hitzegrad als Eiweiss.

3) Der Faserstoff (Fibrin), in drei Modificationen: als Blutfaserstoff im Blut und in der Lymphe; im Muskel finden sich zwei Modificationen, das Syntonin und Myosin. Das Charakteristische ist sein Gerinnen nach seiner Entfernung aus dem Körper und beim Tode des Thieres. (Die Gerinnung des Muskelfaserstoffes ist die Ursache der Todtenstarre.)

4) Käsestoff (Caseïn), in der Milch der Säugethiere, in manchen Muskelfasern, Spuren in Blut und Bindegewebe. Gerinnt beim Kochen nicht, sondern bildet hierbei nur Häute, gerinnt dagegen in Berührung mit Magen- und Darmsaft und durch den Einfluss von Gährungspilzen.

5) Amyloid im Gehirn, dann in der sogenannten Wachsleber, charakterisirt durch seine Schwerverdaulichkeit und Resistenz gegen Fäulniss.

Während die Eiweissstoffe als die eigentlichen Träger des Lebens (des thierischen sowohl als des pflanzlichen) anzusehen sind, indem aus ihnen das Protoplasma (siehe zweiten Abschnitt) zusammengesetzt ist, hat eine andere Gruppe von Stoffen, die Albuminoide, eine mehr passive als selbstthätige Rolle. Bilden die Eiweisskörper vorzugsweise den lebendigen Leib der Zelle, so gehört die sogenannte Intercellularsubstanz und die meisten Zellhäute des Thierkörpers vorzugsweise zu den Albuminoiden. Obwohl es noch nicht für alle nachgewiesen, kann man sie doch wohl ohne Fehler als Umwandlungsproducte der Albuminate ansehen. Sie sind wie die letzteren stickstoffhaltig und ähneln ihnen auch in ihrem chemischen Verhalten.

Folgendes sind die wichtigsten Albuminoide:

1) Keratin (Hornstoff), unlöslich in Wasser, Weingeist und Aether, leicht löslich in Alkalien, schmilzt in der Hitze und verbrennt dann mit dem spezifischen Geruch. Bildet überall die Grenzschichte des Thierkörpers, die sogenannten Epithelien und Epidermisgebilde (Oberhaut, Nägel, Haare, Federn etc.); entsteht wahrscheinlich dadurch, dass der Sauerstoff der Luft einen Theil des Kohlenstoffs der Albuminate wegnimmt (wohl als Kohlensäure), ist sehr schwefelhaltig.

2) Dem Keratin am nächsten stehen: Mucin (Schleimstoff), besonders im Schneckenschleim, Spermatin (im männlichen Samen), Pyin (im Eiter), Conchiolin (die organische Grundlage der Weichthierschalen), Fibroin und Sericin (die wesentlichsten Stoffe der Spinnseide), endlich Spongin (der Stoff des Badeschwammes).

3) Elastischer Stoff (Elastin), in den elastischen Geweben

des Körpers, unterscheidet sich von den Albuminaten wesentlich durch den Mangel des Schwefels, seine hohe Elasticität im gequollenen Zustand, und vom leimgebenden Stoff durch seine Resistenz gegen Kochhitze und Essigsäure.

4) Der leimgebende Stoff (Collagen) bildet die Intercellularsubstanz des Bindegewebes, die Sehnen der höheren Thiere und die organische Grundlage ihrer Knochen, verwandelt sich beim Kochen in Leim (Glutin) und bildet mit Glucosiden Leder.

5) Chondrigen, dem Collagen sehr ähnlich, ist die Grundlage der bleibenden Knorpel und verwandelt sich beim Kochen in Knorpelleim (Chondrin).

6) Das Lecithin, eine sehr phosphorhältige Substanz, die immer in Gesellschaft einer Kalkverbindung auftritt und somit bei der Knochenbildung eine Rolle zu spielen scheint; das Cerebrin eine phosphorlose Substanz, und Neurin sind wesentliche Bestandtheile der Nervensubstanz, ebenso das Cholesterin, das übrigens auch sonst im Körper vorkommt und eine fettähnliche Substanz ist.

Bei den wirbellosen Thieren, zumal den Insekten und Krebsen, wird das hier fehlende Keratin in seiner Rolle ersetzt durch das Chitin: es bildet die Grenzschichte der äusseren Haut, des Darms und die Tracheenauskleidung. Es ist stickstoffhaltig, nur in Säuren löslich, schmilzt beim Erhitzen nicht und giebt beim Kochen mit Schwefelsäure Ammoniak und Traubenzucker.

Die Cellulose, ein Kohlenhydrat, aus dem die Pflanzen ihre Zellhäute bilden, das bekanntlich durch Jod violett gefärbt wird und beim Kochen mit Schwefelsäure in Traubenzucker übergeht, findet sich im Thierreich nur in der kleinen Abtheilung der Tunikaten.

§. 3. Incrustirende Substanzen.

Unter diesem Namen kann man einige anorganische Substanzen zusammenfassen, die mit einigen der oben genannten Gewebsbildner in eine chemische Verbindung eingehen, wodurch deren Festigkeit erhöht wird. Ihre physiologische Rolle ist also eine mechanische; hierher gehören:

1) Kohlensaurer Kalk, bildet als Arragonit mit dem Conchiolin die Schalen der Muscheln, Schnecken und Cephalopoden, mit dem Chitin die Panzer der Gliederfüssler und die Gehäuse der Korallen. Die Hartgebilde der Stachelhäuter, das Gerüste mancher Schwämme, die Schalen der meisten Wurzelfüsser enthalten nebst dem Kalk nur Spuren organischer Substanz. Der Kalk ist stets begleitet von geringen Mengen kohlensaurer Magnesia.

2) Der **phosphorsaure Kalk** (und zwar der dreibasische) steht zu dem leimgebenden Stoff der Wirbelthiere in gleicher Beziehung, wie der kohlensaure Kalk zu dem Chitin und Conchiolin der Wirbellosen, indem er mit ihm die Knochen, Zähne, Gräten und Schuppen bildet. Er ist stets von geringen Mengen phosphorsaurer Magnesia begleitet und in den Zähnen von Fluorcalcium. Merkwürdiger Weise machen die Schalen der Brachiopoden dadurch eine Ausnahme von den Schalen anderer Weichthiere, dass sie wie die Knochen der Wirbelthiere aus phosphorsaurem Kalk (84%) bestehen, gebunden an Chondrin und einen chitinähnlichen Stoff.

3) Die Kieselsäure vertritt bei den niedersten Thieren die Stelle des Kalkes. So bildet sie das Gerüste und die Schalen der Gitterthierchen, die Nadeln der meisten Schwämme, die Gehäuse einiger Wurzelfüsser. Die Trippel und Polir-Erden sind die Kieselgerüste fossiler derartiger Wesen. Bei den höheren Thieren finden wir sie in Gesellschaft des Keratins in den Haaren und besonders reichlich in den Federn der Vögel.

4) Von Metallen hat man Eisen und Kupfer als Bestandtheil der thierischen Substanz kennen gelernt und zwar das Eisen in dem Farbstoff des Blutes der Wirbelthiere, das Kupfer neben Eisen in dem Blutserum der Schnecken und Würmer.

§. 4. Quellungs-Stoffe.

Unter ihnen steht obenan das Wasser; es bildet der Masse nach den Hauptbestandtheil des Thierkörpers, nämlich bei den Landthieren ungefähr 75%, bei den gallertartigen Seethieren steigt es sogar auf 998 pro mille. Seine Anwesenheit bedingt die Durchgängigkeit der Albuminoide und Albuminate, dann ist es das Lösungsmittel fast aller Nähr- und Auswurfsstoffe und ihr Vehikel beim Stoffwechsel.

In der Gewebsflüssigkeit sind gelöst eine Reihe von Alkali-Salzen, Chlornatrium (Kochsalz), Chlorkalium, dann phosphorsaure Alkalien, Jodalkalien (letztere besonders bei den Seethieren), die durch ihre Anwesenheit beträchtlich auf die Löslichkeit der organischen Stoffe und die Durchgängigkeit der Gewebe einwirken. So begünstigt das Kochsalz den Uebergang des phosphorsauren Kalkes und des Eisens aus dem Darm ins Blut und von da in die Knochen, Chlorkalium dagegen hemmt ihn. Kochsalz soll gleichfalls nothwendig sein, damit Stärkezucker aus dem Darm in's Blut gelange. Ihre Mengen sind übrigens sehr geringe und in grösseren Quantitäten aufgenommen, scheinen sie alle giftig zu wirken.

Anmerkung. Die Wirkung des Fleisch-Extractes (in kleinen Dosen

pulsaufregend, in grossen tödtlich durch Herzlähmung) beruht auf seinem Gehalt an Kalisalzen.

§. 5. Brennstoffe.

Eine eigene Rolle spielen einige (stickstofflose) Verbindungen dadurch, dass sie im Thierkörper, der Oxydation leichter anheimfallend als die stickstoffhaltigen, lebendige Kraft frei werden lassen (Wärme, Electricität, mechanische Kraft etc.) Hierher gehören:

1) Die Zuckerarten, die ihrer chemischen Constitution nach zu den Kohlenhydraten gehören. Sie werden entweder schon fertig aus dem Pflanzenreiche bezogen oder aus anderen Kohlenhydraten (Stärkemehl, Holzfaser) vom Organismus erzeugt, vielleicht aber auch durch den Umsatz von Eiweisskörpern, (sonderlich den in den Muskeln enthaltenen) gebildet. Traubenzucker findet man in den Ernährungsflüssigkeiten und im Muskel, Muskelzucker (Inosit) im Muskel, Glycogen, das sehr leicht in Zucker übergeht, in der Leber, Milchzucker in der Milch, endlich Dextrin im Blut.

2) Die neutralen Fette, die an der Luft unter Sauerstoffaufnahme in eine Fettsäure und Glycerin zerfallen, werden, wenn im Ueberschuss aufgenommen, im Fettgewebe abgelagert und nehmen so Theil an der Formung des Thierkörpers. Dieses Körperfett ist ein Gemenge aus Tristearin, Tripalmitin und Triolëin (je mehr vom ersteren, um so fester ist es und heisst dann Talg). Die Fette erhält das Thier theils fertig in der Nahrung, sicher werden sie aber auch zum Theil erst im Körper gebildet und zwar sowohl aus den Kohlenhydraten, die man deshalb auch Fettbildner nennt, durch einen Reductionsprozess, als auch aus den Albuminaten durch Abspaltung von Harnstoff und Kohlensäure.

§. 6. Rückgebildete Stoffe.

In der, die Gewebe durchtränkenden Flüssigkeit finden sich Stoffe gelöst, die aus den bisher genannten theils durch Oxydation, theils durch Abspaltung, seltener wohl durch Reduction sich entwickeln und durch weitere Zersetzung die unten genannten Auswurfstoffe liefern.

1) Tyrosin und Leucin sind Zersetzungsproducte der Albuminate und finden sich im Gehirn und den Drüsen.

2) Kreatin, das durch Hinzutritt von 2 Theilen Wasser zu Kreatinin wird; beide trifft man in den Muskeln, aus deren Albuminaten sie entstehen.

3) Guanin in mehreren Drüsen, in der Perlschicht der Fischschuppen und Hauptbestandtheil der Spinnenexcremente, geht durch

Austritt von NH über in **Sarcin** und dies durch weitere Oxydation in **Xanthin**, Stoffe die man in Drüsen und Muskeln trifft und die durch weitere Oxydation Harnstoff liefern.

4) **Milchsäure**, die verbreitetste Säure des Thierkörpers, theils frei, theils gebunden, stammt von den Albuminaten, besonders denen der Muskeln, sowie von den Zuckerarten ab.

5) In der Galle finden sich zwei Säuren, die schwefelhaltige **Taurocholsäure** und die schwefelfreie **Glycocholsäure** (letztere fehlt den Fleischfressern), beide bei den Landthieren an Natron gebunden, bei den Seefischen an Kali. Sie stammen wahrscheinlich sowohl von Albuminaten als von den Fetten und entstehen erst in der Leber. Ein Theil geht wieder in's Blut und wird dort weiter oxydirt, ein anderer zerfällt im Darm in Choloidinsäure und Dyslysin.

6) Der eisenhaltige **Farbestoff des Blutes** der höheren Thiere (auch mancher Würmer) ist in seiner ursprünglichen Zusammensetzung noch nicht bekannt, da man bei verschiedener Behandlung des Blutes verschiedene Stoffe erhält, am nächsten steht ihm wohl Hoppe-Seylers **Hämatin**. Sonder Zweifel entstammen dem Blutfarbstoff **alle thierischen Pigmente** (Harn-, Gallen-, Haut-, Haar-, Feder-, Farbstoffe etc.), aber die Art der Umwandlung ist nicht bekannt. In den Federn der Vögel findet man nur ein braunes und ein schwarzes Pigment, die meisten Farben sind physikalische. Die Farbe der Vogeleier stammt von den Gallenfarbstoffen.

§. 7. Auswurfstoffe.

Diese gehen aus der Umsetzung der früher genannten Substanzen hervor, finden sich theils noch innerhalb des Körpers, theils treten sie erst in den zu ihrer Ausscheidung bestimmten letzten Wegen auf.

1) Die **Kohlensäure**, das Endproduct aller Zersetzungen der eigentlichen organischen Verbindungen, entsteht theils in den Organen, theils im Blut, findet sich in reichlicher Menge im Venenblut und entweicht entweder gasförmig durch Lunge, Tracheen, Haut und Darm, oder an Alkalien und Kalk gebunden im Harn.

2) **Schwefelsaure Alkalien**, deren Schwefelsäure durch die Zersetzung der schwefelhaltigen Eiweisskörper entsteht, verlassen den Leib im Harn.

Anmerkung. Die geringen Mengen von Schwefelwasserstoff, die im Darme auftreten, stammen wahrscheinlich aus der schwefelhaltigen Gallensäure.

3) **Stickstoffhaltige** amidartige Verbindungen, deren wichtigste der **Harnstoff** (das Amid der Kohlensäure) ist und stickstoffhaltige Säuren (**Harnsäure** bei Fleischfressern, **Hippursäure**

bei Pflanzenfressern, beide bei gemischter Nahrung). Die Säuren gehen durch Oxydation unter Abspaltung von Allantoin und Oxalsäure theilweise noch innerhalb des Körpers in Harnstoff über. Die ursprüngliche Quelle dieser Verbindungen sind die Albuminate und Albuminoide, aber die Zwischenstufen sind noch nicht sicher ermittelt. Im normalen Zustande wird der Harnstoff als solcher ausgeschieden; in Krankheitsfällen kann er noch im Körper in Kohlensäure und Ammoniak zerfallen.

4) Stickstofffreie Säuren wie. Ameisensäure (bildet das Gift der Insekten) und Buttersäure (im Schweiss der Wirbelthiere, den Ausspritzungen der Carabiden); sicher stammen sie sowohl aus Albuminaten als aus Kohlenhydraten. Eine weitere Säure ist die der Fettzersetzung entspringende Bernsteinsäure, die man bei reichlicher Fettnahrung im Harn trifft. Endlich gehört hieher noch die schon erwähnte Oxalsäure, die an Kalk gebunden im Harn entweicht.

5) Abscheidungen besonderer Natur und nur bei gewissen Thieren vorkommend sind z. B.:

a) Das Wachs der Bienen, Blattläuse, und mancher Cicaden, ist ein Gemenge aus Cerotinsäure und palmitinsaurem Myricyläther (erstere löslich, letzterer unlöslich in kochendem Weingeist), kann von den Bienen aus blosser Zuckernahrung erzeugt werden. Eine ähnliche Verbindung ist der Wallrath in den Schädelknochenhöhlen mancher Wale.

b) Das Melaïn, der Farbstoff der Tintenfische, bekannt als Sepia.

c) Die Carminsäure, eine stickstofflose Verbindung auf der die Färbekraft der Cochenille beruht, das Chromogen der Purpurschnecke etc.

Literatur: Als neueste Handbücher für diesen Abschnitt sind zu empfehlen:
Gorup-Besanez, physiologische Chemie. 2. Auflage. Braunschweig 1867.
Kühne, physiologische Chemie. Leipzig 1868.

II. Abschnitt.

Der Bau des Thierkörpers.

Morphologie.

Diese umfasst die Schilderung der mit blossem Auge nicht sichtbaren letzten Formbestandtheile des Thier-Körpers (mikroscopische Anatomie, Gewebelehre) und der für das unbewaffnete Auge zugänglichen gröberen Formbestandtheile der höher organisirten Thiere, welche die Zootomie oder beschreibende Anatomie behandelt.

§. 8. Das Protoplasma.

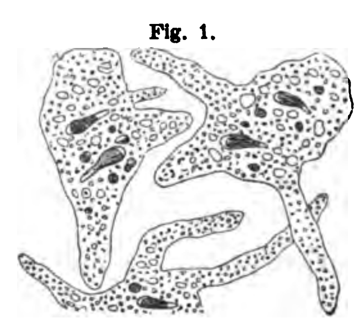
Die Grundlage von Thier- und Pflanzenleib ist ein Gemenge von Eiweisskörpern, theils gelösten, theils gequollenen, dem man den Namen Protoplasma (Urstoff) giebt. Seine charakteristische Beschaffenheit ist; eine hochgequollene albuminöse Grundsubstanz, in deren Maschenräumen eine feinkörnige gleichfalls von einem Albuminate gebildete Masse zerstreut liegt. Die Grundsubstanz ist entweder deutlich faserig oder nahezu (aber nie ganz) homogen.

Das Protoplasma besitzt demnach das, was man Organisation nennt (d. h. es ist aus ungleichartigen Verbindungen aufgebaut) und darauf beruhen seine Lebenserscheinungen, die theils physikalischer Natur, theils chemischer Natur sind und als Empfindung und Bewegung, Stoffaufnahme und -Abgabe, Wachsthum und Wärmeentwicklung unterschieden werden (s. Abschn. III.)

Die niedersten Organismen (Protogenes, Protamoeba etc.) sind blosse Klümpchen von Protoplasma (sogenannte Cytoden), deren sichtbare Lebenserscheinungen darin bestehen, dass sie durch einziehbare Scheinfüsschen sich bewegen und ihr Protoplasma stets in strömender Bewegung sich befindet, dass sie für Reize empfänglich sind und Nahrung aufnehmen. Entweder sind diese Klümp-

chen hüllenlos, oder durch eine selbstgebildete Hülle eingekapselt. Als Beispiel siehe Fig. 1, welche die Amöba princeps stark vergrössert darstellt.

Fig. 1.



Das Protoplasma ist mannigfaltiger Metamorphosen fähig; diese sind theils morphologischer Natur: wechselnde Grösse, Form und Vertheilung der Körnersubstanz, wechselnde Mengen von Quellungsflüssigkeit, mehr oder minder deutliches optisches Hervortreten der Gerüstsubstanz etc. — theils chemischer Natur: Einlagerung von Fetttröpfchen, Farbstoffkörnern, chemische Aenderungen der Quellungsflüssigkeit etc.

§. 9. Die Zelle.

Das Protoplasma ist das Material für die Zellbildung und beruht dieselbe auf einer concentrischen Differenzirung des Protoplasmas. Zelle nennt man einen Tropfen Protoplasma, sobald in dessen Centrum ein sogenannter Kern aufgetreten ist. Dies ist gleichfalls ein albuminöser (oder albuminoider) Körper, der sich durch sein chemisches Verhalten von den Albuminaten des ihn umgebenden Protoplasmas unterscheidet (gegen Essigsäure, Carmin etc. anders reagirt). Ist aus einem Protaplasmatröpfchen eine Zelle geworden (freie Zellbildung z. B. bei den Schleimpilzen), so hat das Protoplasma einen Theil seiner Beweglichkeit verloren und auch seine Wachsthumserscheinungen sind minder lebhaft; löst sich dagegen der Kern wieder auf und mengt seine Substanz mit dem übrigen Protoplasma, so steigern sich die Lebenserscheinungen, namentlich die Wachsthumsthätigkeit (siehe hierüber noch später).

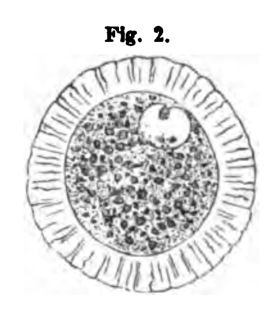
Im Kerne erblickt man häufig noch eine weitere concentrische Sonderung, indem sich ein oder mehrere Kernkörperchen, Gebilde von starkem Lichtbrechungsvermögen, in seinem Innern bilden. Wahrscheinlich sind auch sie eiweissartiger Natur.

Im primären Zustand ist die Zelle hüllenlos (Nacktzelle). Erst secundär tritt eine Zellenhaut auf. Diese ist entweder ringsum geschlossen oder von mehr oder minder zahlreichen Poren durchbohrt. Siehe die Eizelle eines Säugethieres Fig. 2 (nach Leydig).

Bei manchen Eizellen findet sich eine grössere Oeffnung, bestimmt zum Eintritt der Samenfäden, man nennt sie Micropyle. Die Oeffnungen sind entweder so weit, dass das Proto-

plasma Fortsätze durch sie hervortreiben kann (Wurzelfüsser) oder sie gestatten das nicht. Die Zellhäute sind entweder einfach oder geschichtet, so dass man von primären, secundären, tertiären spricht. Ihrer chemischen Natur nach sind sie beim Thiere in der Regel Albuminoide (vielleicht auch Albuminate), bei der Pflanze bestehen sie aus einem Kohlenhydrate (Cellulose), bei den niedersten Organismen häufig fast nur aus anorganischen Salzen (Kieselsäure, kohlensaurer Kalk). Ihrer physikalischen Beschaffenheit nach, sind sie entweder so weich, dass sie sich den Bewegungen des von ihnen eingeschlossenen Protoplasmas anschmiegen: dies ist die Regel bei den thierischen Zellen; oder sie bilden starre unnachgiebige Kapseln, welche den Bewegungen des Protoplasmas nicht folgen, so dass das letztere nur rotirende Bewegungen ausführen kann: so bei den Zellen der Pflanzen (Rotation des Zellsaftes); darauf beruht einer der sinnfälligsten Unterschiede zwischen Thier und Pflanze, nämlich der Mangel der Beweglichkeit bei der letzteren.

Fig. 2.



Die Gestalt der Zelle ist eine sehr wechselnde, da sie bei ihrem fest-weichen Zustand von den Einwirkungen äusserer Umstände in hohem Grade abhängig ist; dies unterscheidet sie wesentlich vom Krystall. Ist eine primäre Zelle ihren eigenen Cohäsionskräften überlassen, so nimmt sie die Kugelform an, andernfalls wird sie zum gezogenen Oval oder zum flachgedrückten Kuchen oder durch gegenseitige Pressung zum vielflächigen (polyedrischen) Körper oder durch Verdunstung zum flachen Plättchen. Contraktile Zellen nehmen im Zustand tetanischer Reizung gleichfalls die Kugelform an, ohne diese aber sind sie einem steten Gestaltwechsel unterworfen. Den isodiametrischen Zellen, d. h. solchen, deren Durchmesser einander nahezu gleich sind, stehen gegenüber die Fadenzellen, welche in der Richtung eines Durchmessers bedeutend ausgedehnt sind, und die Sternzellen, die mit einer Vielzahl von fädigen oft verästelten Ausläufern besetzt und meist langgestreckt sind.

Die Grösse der Zellen ist eine sehr wechselnde von $^1/_{1000}$ Linie bis zu mehreren Zollen (Muskelzellen), allein weitaus die Mehrzahl hält sich jenseits der Grenzen der Sichtbarkeit mit unbewaffnetem Auge.

Während die niedersten Organismen einzeln lebende Protoplasmatropfen (Cytoden) oder Zellen sind (Amöben, Protamöben, einzellige Algen, Geiselinfusorien etc.) kommen die höher organisirten sogenannten vielzelligen Thiere und Pflanzen dadurch zu

Stande, dass eine Vielzahl von Zellen (oder Cytoden) zu einem Zellgemeinwesen zusammentritt. Diesem Vorgang liegt die Vermehrungsfähigkeit der Zelle zu Grunde.

Die häufigste Vermehrungsart der Zellen ist die Zweitheilung der Zelle, welcher eine Grössenzunahme und zwar wohl immer in einer zur künftigen Theilungsebene senkrechten Richtung vorausgeht. Ueber die inneren Vorgänge, welche die Theilung bewirken, ist man noch nicht aufgeklärt, nur so viel ist gewiss, dass der Zellkern eine Hauptrolle dabei spielt, die Zellhaut dagegen nur eine secundäre, wenigstens bei den thierischen Zellen: jede Hälfte bildet sich eben eine neue Hülle. Legen sich diese neuen secundären Hüllen dicht an einander und an die der primären Zelle, so entsteht das Bild, als wäre in der primären Zelle eine sie halbirende Scheidewand aufgetreten; heben sich aber die zwei neuen Zellen kuglig von einander und von der Membran der primären Zelle ab, so liegen die ersteren frei in der letzteren und man hat dies dann, obwohl mit Unrecht, für eine besondere Art der Zellvermehrung angesehen und endogene Zelltheilung genannt.

Die zweite Vermehrungsweise ist die Knospung. Hierbei theilt sich zuerst der Kern, dessen Stücke dringen gegen die Oberfläche der Zelle vor, einen Theil ihres Protaplasmas buckelartig, dann birnförmig vor sich her treibend. Die so entstandene Tochterzelle sitzt anfangs mit einem Stiel an der Mutterzelle und löst sich durch Schwund des Stieles von ihr los. Ueber die Vermehrung durch Sporung siehe später.

Wo sich eine Vielzahl von Zellen zu einem vielzelligen Organismus so vereinigt, dass nicht mehr für alle Zellen die gleichen Existenzbedingungen vorhanden sind, tritt das ein, was man die Metamorphose der Zellen nennt, d. h. sie ändern ihre chemische und physikalische, sowie ihre morphologische Beschaffenheit. Dass diese Aenderungen in Abhängigkeit von den Verschiedenheiten in den Existenzbedingungen sind, welche für die einzelnen Zellen bestehen, ist ausser Zweifel; nicht minder gewiss aber, dass sie auch ein Product der ursprünglichen Qualität der primären Zelle sind, also unter der Herrschaft des später zu besprechenden Erblichkeitsgesetzes stehen.

Einer dieser Unterschiede betrifft die Grösse der Zellen: diejenigen, welche an die Nahrungs- oder Aufenthaltsmedien grenzen (Grenzzellen) sind immer kleiner als die, welche das innere Parenchym bilden (Parenchymzellen) und diese Grösse nimmt mit der Entfernung von der Oberfläche stetig zu. Dieser Satz gilt für die inneren Grenzzellen (um innere Hohlräume) so gut wie für die äusseren.

Den primären Zellen am ähnlichsten bleiben solche Zellen,

welche im Innern eines vielzelligen Organismus in so fern ein selbständiges Leben führen, als sie nicht mit andern zur Bildung von Geweben zusammengetreten sind, sondern sich frei durch die Gewebsräume innerhalb einer Ernährungsflüssigkeit bewegen. Sie besitzen ursprünglich die Contractilität der primären Zellen, sind häufig hüllenlos und wahrscheinlich noch jeglicher weiteren Metamorphose fähig. Bei den wirbellosen Thieren stellen sie die Blutkörperchen vor, bei den Wirbelthieren treiben sie sich unter dem Titel „farblose Blut- oder Lymphkörperchen" nicht nur in Blut und Lymphe (in ersterem neben den rothen Blutkörperchen, die durch Metamorphose aus ihnen entstehen), sondern auch sonst in den Gewebslücken umher (Hornhaut) als die stets bereiten Baumeister, um die Wundheilung zu bewirken, in dem sie neues Gewebe bilden (die Eiterzellen sind austretende farblose Blutzellen). Fig. 3 stellt farblose und gefärbte Blutzellen verschiedener Thierabtheilungen dar.

Die schon genannten Grenzzellen sind entweder a) in dem Tiefendurchmesser verkürzt, so die äusseren Grenzzellen (Epidermiszellen) der in der Luft lebenden Wirbelthiere, dann die Zellen, welche die Lichtungen der Gefässe und mancher inneren Hohlräume auskleiden (Plattenepithel), (siehe Fig. 4. Plattenepithel der menschlichen Mundschleimhaut); b) oder sie sind zu mässig langen Cylindern ausgewachsen, so die Grenzzellen der Darmoberfläche und die äusseren Grenzzellen vieler Wasserthiere (siehe auf Fig. 5, b). Solche Cylinderzellen zeigen öfters eine einseitige Verdickung ihrer Zellhaut und zwar an der freien Fläche, die dann von Poren durchsetzt ist; c) oder die Zelle ist ein offener Becher (vielleicht in Folge von Abstossung dieses Deckels) und solche Zellen werden Becherzellen genannt, sie

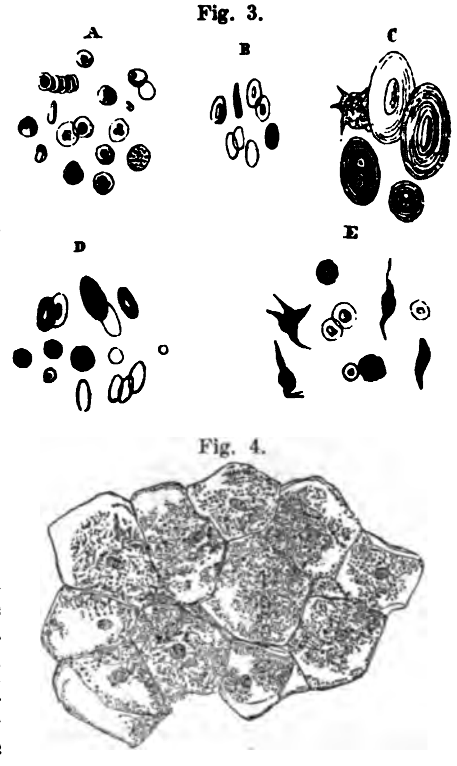


Fig. 3.

Fig. 4.

stehen im Darm zwischen gewöhnlichen Cylinderzellen. Eine weitere Modification der Grenzzellen sind die Flimmerzellen (siehe auf Fig. 5 bei a), die bald cylindrisch bald isodiametrisch sind und auf ihrer freien Oberfläche eine Gruppe von feinen haarartigen Verlängerungen (Cilien oder Flimmerhaare genannt), tragen. Diese Cilien sind in steter automatischer Bewegung begriffen. Flimmerzellen bilden die Grenzschichte der äusseren Haut bei manchen niederen Wasserthieren und die innere Auskleidung der Luftwege, der Eileiter etc. bei den Wirbelthieren.

Chemisch sind die Grenzzellen dadurch charakterisirt, dass ein Theil (oder das Ganze) ihrer Eiweissstoffe in Hornstoff (Keratin) oder Mucin (Schleimstoff), umgewandelt ist und physiologisch dadurch, dass sie ihre Contractionsfähigkeit ganz oder theilweise verloren haben. Bei den Wasserthieren ist die Metamorphose in Mucin, bei den Luftthieren die in Keratin die gewöhnlichere und ebenso unterscheiden sich die inneren Grenzzellen der Luftthiere von ihren äusseren dadurch, dass sie mehr Mucin als Keratin bilden. Die Contractilität erlischt am vollständigsten bei den der Luft ausgesetzten Grenzzellen, während sie bei den inneren Grenzzellen und den äusseren der Wasserthiere häufig noch erhalten ist. Bei den Thieren, deren Körper sich durch eine Chitindecke (siehe später) nach aussen abgrenzt, verschmelzen die Grenzzellen gewöhnlich zu einer zusammenhängenden protoplasmatischen Schicht, in welcher in regelmässigen Abständen Zellkerne liegen (Chitinogen-Membran).

Fig. 5.

Fig. 5. Senkrechter Schnitt durch die Geschmackspapille der Froschzunge.

Die in der Tiefe liegenden Parenchymzellen unterscheiden sich

bei vielen niederen Wasserthieren (Hydra) von den Grenzzellen fast nur durch beträchtlichere Grösse und ungeschwächte Bewegungsfähigkeit; sie sind isodiametrisch und unter sich gleich. Bei höheren Organismen aber weichen sie nicht nur erheblicher von den Grenzzellen ab, sondern treten auch in drei wesentlich unter einander verschiedenen Modificationen auf:

1) Die Muskelzellen: in ihrer einfachsten primären Form sind sie isodiametrisch (Hydra) und unterscheiden sich wenig von primären undifferenzirten Zellen. In secundärer Entwicklungsstufe sind sie langgestreckte, spindelförmige Gebilde mit einem, höchstens zwei Kernen, um welche eine geringe Menge körnigen Protoplasmas liegt; der grösste Theil des Zellinhalts ist fast homogen, ziemlich fest und von einer zarten Zellhaut umgeben. In dieser Form trifft man die Muskelzelle bei vielen Wirbellosen überall, bei den Wirbelthieren und Gliederthieren nur am Darmschlauch, überhaupt den innern Organen. Man nennt sie im Gegensatz gegen die folgende Modification glatte oder vegetative Muskelfaser (siehe Fig. 6). Die tertiäre höchste Entwicklungsstufe stellt die quergestreifte oder animale Muskelzelle dar, die im Hautmuskelschlauch der höheren Thiere fast ausschliesslich vorkommt. In dieser Form ist sie eine oft mehrere Zoll lange walzige Faser, bestehend aus einer zarten Zellhaut (Sarcolemma) im Innern mit zahlreichen aus der Theilung des primären Kernes hervorgegangenen Kernen, deren jeder mit einem Rest körnigen Protoplasmas umgeben ist. Der wesentlichste Theil des Inhalts ist die quer gestreifte Substanz; diese besteht aus mehr oder weniger regelmässig in Längsreihen und Querscheiben geordneten, gestreckten, das Licht doppelt brechen-

Fig. 6.

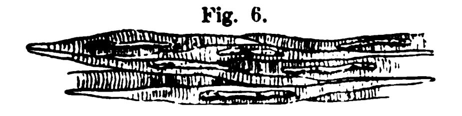
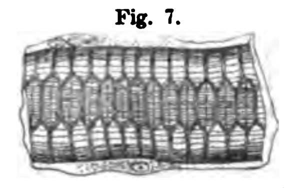


Fig. 7.



den Fleischprismen, die durch eine das Licht einfach brechende Zwischensubstanz verbunden sind und zwar in der Längsrichtung fester als der Quere nach, weshalb sich der Muskelfaden leicht in Ketten solcher Fleischprismen zerfasert, die man Fibrillen nennt. (Siehe Fig. 7 und auf Fig. 5 bei f.)

Eine eigenthümliche Modification der Muskelzelle bietet die Herzmuskulatur der höheren Thiere. Die Zellen sind nahezu

isodiametrisch, einkernig und ihr Inhalt quergestreift, dazu hängen sie netzartig zusammen.

Fig. 8.

a. b.

2) Die Bindegewebszellen: in ihrer primären Gestalt (im Knorpel etc.) sind sie eiförmig, ohne Fortsätze, dick, oft mehrfache Hüllen um sich bildend. Auf secundärer Entwickelungsstufe sind sie mit mehr oder weniger zahlreichen Ausläufern versehen, mittelst deren sie sich häufig netzartig zusammenhängen (siehe Fig. 8, b die Bindegewebszellen des Zahn-Cementes). Ihr Leib ist bald isodiametrisch, häufig aber spindelförmig, öfter auch lang fadenförmig ausgezogen (Zahnröhrchen), (s. Fig. 8, a). Sie sind fast immer einkernig und ihr Protoplasma nicht erheblich von dem primärer Zellen unterschieden; dass ein Theil derselben (namentlich die mit Pigment erfüllten) contraktil ist, steht fest.

Anmerkung. Eine Modification derselben sind die Fettzellen. Ihnen mangeln die Fortsätze, die Zelle ist sehr gross kuglig, ausgedehnt durch einen Tropfen flüssigen Fettes, Protoplasma und Kern sind wandständig verdrängt.

3) Die Nervenzellen: hieher gehören morphologisch sehr verschiedene Zellen, die aber funktionell in so fern übereinstimmen, als sie ihre Contraktilität eingebüsst, dagegen die Fähigkeit der Reizfortleitung in höherem Maasse erlangt haben.

Sie kommen nur den mit einem Darmkanal versehenen Thieren (den Enteraten) zu, vielleicht mit einigen Ausnahmen. Die Umwandlung in Nervenzellen können sowohl Grenzzellen als Parenchymzellen erfahren und unter den Letzteren scheinen es vorzugsweise die Bindegewebszellen zu sein, welche in Nervenzellen übergeführt werden können. Die Grenzzellen behalten bei ihrer Umwandlung in Nervenzellen ihren isodiametrischen Charakter entweder bei, oder werden leicht spindelförmig, dann meist in ein Endstäbchen auswachsend; so entstehen

a) die Sinneszellen oder Nervenendzellen, die durch einen fädigen Ausläufer mit einer in Nerv umgewandelten Parenchymzelle in Verbindung stehen (siehe auf Fig. 5 bei c, die Geschmackzellen des Frosches). Diese Parenchymzellen stellen nun dar entweder

b) Nervenfäden: lange, gegen die Peripherie, d. h. die

Nervenendzellen hin verästelte, cylindrische Fäden von bedeutender Längeentwicklung und verschiedenem Caliber (siehe Fig. 9 und auf Fig. 5 bei d, die feinsten sind zarte Fäden ohne nachweisbare Structur, dann folgen solche, an denen eine feinfaserige Beschaffenheit mit feinsten Körnchenreihen zwischen den Fasern nachzuweisen ist und diese gehen dann über in die dickeren doppelconturirten Fasern, an welchen man rings um den feinfaserigen Mittelstrang (Axencylinder) eine eigenthümliche fettreiche „Markscheide" und über dieser eine kernhaltige Hülle, das „Neurilemma", sieht), oder

Fig. 9.



Fig. 9. Nervenenden (nach Leydig).

c) Ganglienzellen: diese sind isodiametrische, mit einem oder mehreren Ausläufern versehene, Zellen die durch diese Ausläufer mit Nervenfäden in Verbindung stehen. Sie zeigen meist ein Flechtenwerk feinster in die Nervenfäden sich fortsetzender Fasern, in dessen Maschen grössere Körner und ein grosser Kern liegt.

Noch sind als rückschreitende Metamorphosen der Zellen anzuführen: 1) die Verirdung derselben durch Einlagerung von anorganischen Verbindungen (Zellen des Zahnschmelzes durch phosphors. Kalk, Zellen des Federn- und Haarmarkes durch Luft). 2) Die Auflösung der Zelle entweder durch Schleim- oder fettige Degeneration, auf diese Weise entstehen die meisten sogenannten Sekrete (Milch, Hautschmiere, Darmsaft etc.).

§. 10. Die Intercellularsubstanz.

In den meisten vielzelligen Thierleibern sind neben den Zellen noch Stoffe, welche bald als concentrische Lagen die Zellen umgeben, bald einfach zwischen sie gelagert sind. Die Einen halten sie für Ausscheidungsproducte der Zellen, die Anderen für die veränderte Rindensubstanz von Zellen, noch Andere für Zell-

häute. Ohne den Streit über ihr Herkommen zu entscheiden, hält sich die Morphologie an die Thatsache ihrer Existenz als eines zwischen den Zellen liegenden, sie verkittenden Stoffs und nennt sie Zellkitt, Intercellularsubstanz, Extracellularsubstanz. Chemisch sind sie meist Albuminoide, Chitin, manchmal aber von sehr complexer Zusammensetzung (Blutplasma).

Ihrem Aggregatzustand nach unterscheidet man

1) flüssige Intercellularsubstanz: hieher das Serum (oder Plasma) des Blutes und der Lymphe und des gallertigen Bindegewebes;

2) feste: in allen Festigkeitsgraden von der festweichen Beschaffenheit im gewöhnlichen Bindegewebe bis zur Härte des Knochens und Koralles in Folge von Einlagerung anorganischer Salze.

Bei der festen Intercellularsubstanz ist bezüglich der Structur zu unterscheiden:

1) hyaliner Zellkitt von dem Ansehen mattgeschliffenen Glases;

2) faseriger Zellkitt, bestehend aus Zügen lockiger paralleler Fasern, z. B. im gewöhnlichen Bindegewebe (doch behaupten neuerdings einige Forscher, diese Fasern seien die Endfäden der Bindegewebszellen). Chemisch unterscheidet man Fasern aus Collagen (in Essigsäure bis zum Verschwinden quellend) und solche aus Elastin (elastische Fasern) in Essigsäure nicht quellend.

3) Lamellöser Zellkitt aus hyalinen Lamellen geschichtet und dann häufig von Porencanälen durchbohrt, das letztere ist besonders bei den Chitinhäuten der Fall. Bei den elastischen Häuten treten an die Stelle der Poren häufig grössere Oeffnungen (gefensterte Membran).

Das Verhalten des Zellkitts zu den Zellen bewegt sich in folgenden Variationen:

1) er bildet concentrische Hüllen (Kapseln) um die Zellen, die dann meist mehrfach geschichtet sind. Hieher kann man eigentlich alle sogenannten Zellhäute rechnen.

2) Die Zellen einer Grenzschicht scheiden auf ihrer freien Oberfläche eine Lage Zellkitt ab, der dann eine homogene oder geschichtete und dann gewöhnlich poröse Schicht bildet. Solche Häute nennt man Cuticularhäute, sie bestehen meist aus Chitin mit oder ohne Einlagerung von Kalksalzen und sind öfter gefeldert, wobei jedes Feld einer Grenzzelle entspricht.

3) Die flüssigen Intercellularsubstanzen erfüllen entweder die Maschenräume der Zellen, wenn diese mit einander verbunden sind, im anderen Fall bilden sie ein Vehikel (Serum oder Plasma), in welchem die Zellen frei schwimmen.

Bezüglich der Menge kommen gleichfalls grosse Verschiedenheiten vor. Bald ist dieselbe so gering, dass sie optisch nicht zum Ausdruck kommt (ob sie jemals ganz fehlt, und die Zellen dann nur durch ihre klebrige Beschaffenheit aneinanderhängen, ist schwer zu entscheiden); dies ist namentlich bei den Geweben aus polyedrischen Zellen der Fall. Sind grössere Mengen von Intercellularsubstanz vorhanden, so sind die Zellen mehr kuglig oder cylindrisch, und tangiren sich wie Kreise und der Zellkitt erfüllt die übrig bleibenden eckigen Räume. Von hier an wächst dann die Menge oft bis zu dem Grade, dass die Zellen nur sporadisch in der Intercellularsubstanz vertheilt sind.

§. 11. Lehre von den Geweben.

Indem bei vielzelligen Thieren die Zellen gleicher Beschaffenheit durch Zellkitt mit einander enger als mit solchen von anderem Bau verkittet sind, entstehen die sogenannten „Gewebe". Je nach Verhältniss und Beschaffenheit der beiderlei Constituentien (Zellen und Zellkitt), unterscheidet man folgende Gewebssorten:

A) Rindengewebe besteht aus substantiell nicht verbundenen isodiametrischen oder plättchen-, oder cylinder- oder spindelförmigen Zellen mit sehr geringen Mengen Intercellularsubstanz verkittet. Man unterscheidet:

a) Epidermoidalgewebe, welches die äussere Bekleidung des Thierkörpers direct oder mittelst einer aufgelagerten Chitinhaut bildet. Bei den Wasserthieren sind die Zellen isodiametrisch oder cylindrisch, bei den Luftthieren, wo sie nicht durch eine Chitinhaut geschützt sind, plättchenförmig.

b) Epithelialgewebe: bildet die Grenzschichte innerer Hohlräume (Darmlichtung, Drüsencanäle etc.) ist bald plattenförmig, bald cylindrisch, bald sind die Zellen kuglig oder vieleckig (Drüsengewebe). Das Plättchenepithel der Blut- und Lymphgefässe unterscheidet man als Endothel.

B) Muskelgewebe aus Muskelzellen durch wenig Zellkitt verbunden. Sind die Zellen isodiametrisch, so nennt man es primordiales Muskelgewebe, sind sie spindelförmig, einkernig, ohne Querstreifung: secundäres oder vegetatives Muskelgewebe. Sind sie fädig, vielkernig und quergestreift: tertiäres oder animales Muskelgewebe (willkürlicher Muskel).

C) Bindegewebe. Charakteristisch die grosse Menge von Intercellularsubstanz, Zellen selbst von verschiedener Beschaffenheit.

1) Zellen substantiell nicht verbunden, Zellkitt flüssig: Ernährungsflüssigkeiten (Blut, Lymphe).

2) Zellen substantiell nicht verbunden, Zellkitt fest: Knorpel-

gewebe und zwar, wenn der Zellkitt homogen — hyaliner Knorpel, ist er fasrig — Faserknorpel, sind Erdsalze in den Zellkitt eingesprengt — ossificirter Knorpel.

3) Zellen durch fädige Ausläufer zu einem Netzwerk verbunden, Bindegewebe im engern Sinn:

a) Zellkitt fast oder ganz flüssig: Gallertgewebe,

b) Zellkitt fasrig zerfallen:

α) Zellkitt aus elastischer Substanz: elastisches Gewebe;

β) aus leimgebender Substanz: gewöhnliches Bindegewebe;

γ) der Zellkitt mit anorganischen Salzen gesättigt: Knochengewebe;

δ) die Zellen zu Fettzellen ausgedehnt: Fettgewebe.

ε) Zellen contraktil: contraktiles Bindegewebe.

Anmerkung. Von Nervengeweben kann man eigentlich nicht sprechen, da die Nervenzellen und Fäden in den bisher genannten Geweben, besonders im Rinden- und Bindegewebe, durch Umwandlung von Rinden- und Bindegewebszellen entstehen.

D) Cuticulargewebe: gehärteter Zellkitt ohne Zellen.

a) Glashäute (tunicae propriae) bilden sich an der Haftfläche von Epithelien, sind albuminoider Natur (häufig trifft man Zellkerne in sie eingelagert).

b) Chitinhäute: Zellkitt aus Chitin auf der freien Oberfläche von Rindengewebe (sowohl äusseren als inneren).

c) Schalengewebe: Zellkitt (bald albuminoider, bald chitinöser Natur) imprägnirt mit anorganischen Salzen.

§. 12. Lehre von der Schichtung.

Entsprechend dem schon Gesagten, dass die der Gewebsbildung zu Grunde liegende Zellenmetamorphose abhängig ist von den Beziehungen der Zellen zu ihren Existenzbedingungen und in Anbetracht dessen, dass die wesentlichsten Existenzbedingungen einer Zelle die Aufenthaltsmedien des Gesammtkörpers und die in seinen Hohlräumen befindlichen Ernährungsflüssigkeiten sind, ist es begreiflich, dass die Gewebe sich in schichtweisen Lagen concentrisch zu den äusseren und inneren Oberflächen des Körpers bilden, der Körper mithin im Ganzen und im Einzelnen einen concentrisch geschichteten Bau besitzt, wobei die verschiedenen Gewebe eine regelmässige Aufeinanderfolge zeigen. Am regelmässigsten ist diese concentrische Schichtung in der Nähe der Oberfläche (innerer wie äusserer), während in der Tiefe häufig genug Störungen desselben vorkommen.

Während bei der Pflanze die Schichtung noch wesentlich mit beeinflusst wird von der Richtung der Zelltheilung und so z. B. vielzellige Pflanzen ohne jede Schichtung vorkommen, weil die Zellen in einer einzigen Schichte liegen (Ulven, Conferven etc.), tritt die Theilungsrichtung bei den Thieren deshalb in den Hintergrund, weil die Zellen sich aneinander verschieben, und selbst, wenn die Theilungsrichtung nicht dazu geführt hätte, doch zu einem Zellhaufen zusammentreten, welcher alsbald der Schichtung anheimfällt, wenn ein Theil der Zellen durch die anderen von dem Aufenthaltsmedium abgeschlossen wird: Der Zellklumpen differenzirt sich jetzt in Rinden- und Parenchymzellen.

Es folgt demgemäss bei den Thieren auf die Organisationsstufe der Einzelligkeit sofort die Organisationsstufe der Zweischichtigkeit. Als Entwicklungsstufe tritt uns diese Beschaffenheit des Thierkörpers als das nächste Resultat der Dotterfurchung entgegen, und man bezeichnet dann die äussere Zelllage als Keimhaut, gegenüber den centralen, häufig blos den ersteren als Nahrungsmaterial dienenden Zellen. Bei vielen Gliederthieren wird die Stelle der Centralzellen von einem undifferenzirten Protoplasma eingenommen, dem man den Namen Nahrungsdotter gab.

Als bleibende Organisationsstufe findet sich die Zweischichtigkeit im Thierreich nur durch die Gitterthierchen (Polycistinen) repräsentirt: Eine einzige grosse Centralzelle ist umgeben von kleinen Zellen, die in einem lockeren strahligen Fadennetz von undifferenzirtem Protoplasma zerstreut liegen; hierzu treten Schalenbildungen aus Kieselsäure, theils um die Centralzelle, theils in dem Netze der Protoplasmafäden.

Das gleiche Gesetz kommt zur Geltung, sobald sich im Innern des Zellhaufens Hohlräume bilden, erfüllt von bewegter Flüssigkeit. Die sie begrenzenden Zellen erhalten den Charakter von Grenzzellen, gegenüber ihren Hintermännern, von denen sie sich durch geringere Grösse, durch chemische und functionelle Qualitäten unterscheiden. Im Gegensatz zu der äusseren Grenzzellenschichte, die den Namen Epidermis trägt, nennt man die innere Grenzzellenschichte Epithelium.

Hat ein vielzelliges Thier nur einen Hohlraum, die Nahrungshöhle, im Innern seines Leibes (die sogenannten Coelenteraten, wozu die Polypen und Quallen gehören), so wird es zunächst aus drei Schichten bestehen: aus zwei Grenzzellenschichten, einer äusseren (Epidermis), einer inneren (Epithel der Nahrungshöhle) und inzwischen eine Lage Parenchymzellen (Organisationsstufe der Dreischichtigkeit). Der centrale Hohlraum steht durch eine oder zwei Oeffnungen mit der Aussenwelt in Verbindung (Mund und After) und dort geht die Epidermis ohne Unterbrechung über in das Epithel. Diese Organisations-

stufe zeigen uns am reinsten die Süsswasserpolypen, und bei der Entwickelung des Embryo der höheren Thiere tritt dieser Zustand vorübergehend auf. Die Embryologen haben die Schichten Keimblätter genannt und zwar äusseres, mittleres und inneres Keimblatt.

Die nächste Stufe der Schichtung wird erreicht, wenn sich zwischen die Grenzzellenschicht und die Parenchymzellenlage eine dritte Schicht vom Charakter des Bindegewebes legt. Ihre Bildung beginnt mit dem Erguss von Intercellularsubstanz zwischen die erstgenannten Schichten und in manchen Fällen bleibt es dabei, so dass diese dritte Schicht nur ein zartes, zellenloses Glashäutchen ist. Meist dringen aber in sie, so lange sie noch weich ist, Zellen ein, und jetzt entsteht eine Schicht von Bindegewebe weicherer oder festerer Beschaffenheit. Man nennt diese Schicht Bindeschicht und unterscheidet deren zweierlei: 1) äussere Bindeschicht — Cutis oder Lederhaut, liegt zwischen Epidermis und Parenchymzellen. 2) Innere Bindeschicht — Sammthaut (tela conjuntiva des Darms) zwischen Epithel der Nahrungshöhle und Centralzellen. Diese beiden Bindeschichten sind nicht immer gleichzeitig vorhanden; häufig findet sich nur die äussere, dann steht das Thier auf der Organisationsstufe der Vierschichtigkeit, so die Quallen, im andern Fall ist es fünfschichtig, so die Fleischpolypen.

Diese Einschaltung einer Bindeschicht zwischen die Lage der Grenzzellen- und der Centralzellenschicht ist ein allgemeines morphologisches Gesetz des Thierkörpers und wiederholt sich auch in den einzelnen Organen, sobald es irgendwo zur Bildung von Hohlräumen kommt, namentlich bei höheren Thieren (siehe weiter unten). Es besteht aber ein gewisses Verhältniss der Ausschliessung zwischen der Bildung einer Bindeschicht und dem Auftreten einer vierten Sorte von Schichten, der sogenannten Cuticularschicht (siehe oben), das man so ausdrücken kann: Entweder erfolgt der Erguss von Intercellularsubstanz zwischen Grenzzellenschicht und Parenchymzellen, dann entsteht eine mächtigere Bindeschicht; oder auf die freie Oberfläche der Grenzzellen, dann entsteht eine Cuticularschicht, und die Bindeschicht bleibt auf niederer Entwicklungsstufe. Bei den mit einer Cuticula bedeckten Insekten, Krebsen etc. kann man also kaum eine Cutis unterscheiden, sondern unmittelbar hinter der Epidermis liegen die zu Muskelfasern gewordenen Parenchymzellen.

Bei den höheren Thieren ist in der Regel die Bindeschicht mit der Grenzzellenschicht in festerem Verband, als mit der Schicht der contraktilen Centralzellen, und so kommt es, dass man die zwei ersteren Schichten unter einem gemeinschaftlichen Namen zusammenfasste: äussere Grenzzellenschicht plus äusserer Bindeschicht = äussere Haut oder kurzweg Haut, innere Grenz-

zellenschicht plus innerer Bindeschicht = Schleimhaut. Unter den Schleimhäuten unterscheidet man bei höheren Thieren noch einmal zwischen Schleimhaut im engern Sinn, Mucosa, und der sogenannten Serosa. Letztere kleidet Hohlräume aus, die nach aussen abgeschlossen sind, und ist charakterisirt durch die spärliche Entwickelung des Epithels und die Blutarmuth der Bindeschicht; die erstere bildet die Begrenzung von Höhlen und Canälen, die nach aussen geöffnet sind. An diesen Oeffnungen setzt sich die Mucosa immer fort in die äussere Haut, d. h. das Epithel in die Epidermis und die Sammthaut (oder Glashaut) in die Cutis. Uebergang von Serosa in äussere Haut kommt nicht vor, Uebergang von Serosa in Mucosa nur an den gegen die Bauchhöhle offenen Eileitern höherer Thiere.

Bei den Wirbelthieren und namentlich den in der Luft lebenden tritt eine weitere Sonderung der genannten Schichten in sofern ein, als 1) die Epidermis zerfällt in eine äussere sogenannte Hornschicht (aus verhornten Plättchenzellen bestehend) und eine weiche, die den Namen Schleimschicht trägt; 2) die Cutis an ihrer inneren Seite eine weichere Beschaffenheit und eine Neigung zu Fettansammlung zeigt, diese Schicht nennt man Unterhautzellgewebe. An den Schleimhäuten findet nur bei der Sammthaut etwas ähnliches statt, indem man dort von einem submucösen Zellgewebe spricht, durch welches die Schleimhaut an die Muscularis angeheftet ist.

Während die genannten Schichtungsstufen von den sogenannten Cölenteraten repräsentirt werden, führt ein weiterer Schichtungsakt zu derjenigen Organisationsstufe, welche die Enteraten, d. h. die Thiere mit Darmkanal, uns vorführen. Er beruht auf einer Spaltung der Parenchymzellen in zwei Schichten durch das Auftreten einer eigenartigen Bindeschicht von flüssigem Charakter. Die äussere Parenchymzellenschicht tritt in engere Verbindung mit der äusseren Haut, und diese Dreieinigkeit von Epidermis, Cutis und äusserer Parenchymzellenschicht nennt man Hautmuskelschlauch, die innere Parenchymzellenschicht bildet mit der aus Epithel und Bindeschicht bestehenden Schleimhaut den sogenannten Darmschlauch. An Mund und After geht die innere Parenchymschicht ebenso in die äussere über, wie das Epithel in die Epidermis und die Sammthaut in die Cutis. Die Parenchymzellen gewinnen auf dieser Organisationsstufe fast immer den spezifischen Charakter des Muskelgewebes, und zwar die äussere den des tertiären (animalen) Muskelgewebes, die innere den des vegetativen. Die Massenentwicklung dieser zweierlei Parenchymzellenschichten (oder wie sie von jetzt an genannt werden sollen Muskelschichten) ist bei den niedriger stehenden Enteraten annähernd gleich, bei den höheren und namentlich bei den

Wirbelthieren erlangt die äussere Muskelschicht eine so bedeutende Dicke, dass sie der Masse nach alle anderen Schichten des Körpers weit überwiegt.

Wo die Muskelschichten eine irgendwie erhebliche Dicke erreichen, sondert sich jede derselben wieder in zwei Lagen: in der einen verlaufen die Fadenzellen parallel der Längsaxe des Körpers (Längsmuskelschicht), in der anderen unter rechtem Winkel dazu (Ringmuskelschicht). Die letztere liegt immer unter der Bindeschicht, also die des Hautmuskelschlauchs unter der Cutis, die des Darmschlauchs unter der Sammthaut. Daraus ergibt sich in Verbindung mit dem früher Gesagten, dass die Schichtenfolge des Darmcanals eine umgekehrte ist, wie die des Hautmuskelschlauchs. Beim letztern sind die Schichten von aussen nach innen. Epidermis, Bindeschicht, Ringmuskelschicht, Längsmuskelschicht; beim Darmschlauch liegen diese Schichten in gleicher Folge von innen nach aussen.

Anmerkung. Bei vielen Thieren tritt zu den Längs- und Ringmuskelschichten namentlich am Hautmuskelschlauch eine oder mehrere Lagen gekreuzter Muskelfasern, so z. B. bei den Luft athmenden Wirbelthieren, den Egeln, vielen Mollusken und Gliederthieren und endlich bei manchen, wie z. B. den meisten Mollusken, tritt eine fast regellose Durchflechtung der Muskelfasern ein.

Die Bindeschicht, durch deren Auftreten das Thier in Hautmuskelschlauch und Darmschlauch gespalten wurde, hat im Beginn ihres Auftretens und bei niederen Enteraten zeitlebens flüssige Beschaffenheit, und so können wir sie einen ringförmig den Darm umgebenden Hohlraum (Perigastrium) nennen. Ihrer Lage sowie ihrer Bedeutung nach ist sie das eigentliche Centrum des Thierkörpers. Dieser besteht dann aus 7 Schichten, von denen je 3 paarweise einander entsprechen, (Epidermis und Darmepithel. Cutis und Sammthaut des Darms, animale und viscerale Muskelschicht), während die siebente, das Perigastrium, unpaar ist (Organisationsstufe der Siebenschichtigkeit).

Im primären Zustand besteht das Perigastrium aus flüssiger Intercellularsubstanz mit frei beweglichen Zellen. Während von den letzteren ein Theil seine Beweglichkeit zeitlebens behält, siedeln sich andere Zellen da und dort im Perigastrium an und bilden durch Vermehrung zunächst Zellhaufen, die dann durch das Gesetz der concentrischen Differenzirung zu den sogenannten perigastrischen Organen werden (siehe später). Die freien Zellen mit der flüssigen Intercellularsubstanz sind das was man Ernährungsflüssigkeit nennt (über ihre Spaltung in Lymphe und Blut siehe beim Blutgefässsystem).

Während bei den wirbellosen Enteraten und den niederen Wirbelthieren der Körper auf der Stufe der Siebenschichtigkeit

verharrt, erfährt bei den Luft athmenden Wirbelthieren durch das Auftreten der sogenannten serösen Säcke (Lungensäcke, Herzbeutel und Bauchfellsackes) auch das Perigastrium eine wenigstens theilweise Spaltung. Der Bauchfellsack (Peritoneum) ist unpaar und zerfällt in ein animales Blatt, das die Innenfläche des Hautmuskelschlauchs überkleidet, und in ein viscerales, welches das Darmrohr (und seine Drüsen) einwickelt. Beide Blätter stehen durch das Gekröse, an welchem der Darm aufgehängt ist, in Verbindung. Lungensäcke (Pleurae) sind zwei vorhanden, ein rechter ein und linker; sie wickeln die Lunge ein. Ein dritter unpaarer Sack, Herzbeutel (Pericardium), wickelt das Herz ein. Lungensäcke und Herzbeutel erfüllen mit den von ihnen eingewickelten Organen die Brusthöhle, die durch eine muskulöse Scheidewand (das Zwerchfell) von der durch das Peritoneum gebildeten Bauchhöhle geschieden ist. In der Brusthöhle ist das Perigastrium reducirt auf den vorderen und hinteren Mittelfellraum und eine dünne Bindegewebslage unter den Blättern der serösen Säcke, wodurch diese mit den anstossenden Schichten und Organen verkittet sind.

§. 13. Die Systeme.

Unter System verstehen wir eine Vergesellschaftung von Zellen, welche als zusammenhängendes Ganze der Tiefe nach durch alle Schichten des Thierkörpers verbreitet und aus Theilen zusammengesetzt ist, die im Verhältniss der Subordination zu einander stehen, nämlich 1) den sogenannten Centraltheilen, 2) den peripherischen Ausbreitungen und 3) den zwischen beiden ausgespannten, die Schichten des Körpers radial durchsetzenden Verbindungssträngen.

Die Systeme bilden sich in den Bindeschichten des Thierkörpers und sind somit in Ausbildung und Lage von diesen abhängig. Bei den Cölenteraten fehlt demgemäss das Gefässsystem ganz und das Nervensystem ist nur bei den höheren derselben aufgefunden worden.

Bei den siebenschichtigen Thieren gibt es drei Bindeschichten: das centrale Perigastrium, nach aussen davon die Cutis des Hautmuskelschlauchs, nach innen die Sammthaut des Darms. Geschieden sind die letzteren vom Perigastrium durch die animale und viscerale Muskelschicht. Die vollkommene Ausbildung der Systeme hängt nun davon ab, dass in den genannten Muskelschichten radial gestellte Spalten auftreten, die sich mit Bindegewebsmasse erfüllen, und so eine Continuität der drei Bindeschichten herstellen. Das Verhältniss der Systeme zu diesem Bindegewebsgerüste ist folgendes: die Centraltheile liegen im Perigastrium, die Endausbreitungen in Cutis und Sammthaut, die

zwischen Centrum und Peripherie ausgespannten Verbindungsstränge in den radialen, die Muskelschichten durchbrechenden Bindegewebsplatten. Da die Richtung dieser Radialplatten von der Segmentirung (siehe §. 14) abhängt, so ist die Anordnung der Systeme ein getreuer Abklatsch der Segmentirung.

Wir unterscheiden dreierlei Hauptsysteme, das eine besteht aus einer Vereinigung von Nervenfäden und -Zellen, und heisst das Nervensystem, das andere ist ein System von Hohlräumen mit flüssiger Bindesubstanz erfüllt (mit oder ohne concentrisch geschichtete Wand) und heisst das System der Ernährungsflüssigkeiten, das dritte ist ebenfalls ein Röhrensystem und dient zur Cirkulation der Aufenthaltsmedien (Luft oder Wasser).

a) Das Nervensystem.

Das Nervensystem hat bei den wirbellosen Thieren nur ein Centrum, das im Perigastrium liegt, und bei den Mollusken aus einigen durch Fäden zusammenhängenden Knoten (Ganglien), bei Gliederthieren aus einer Kette von Ganglien (Ganglienstrang) besteht. Jedes Ganglion ist eine Anhäufung von Ganglienzellen oder eine einzige solche Zelle.

Bei den Wirbelthieren tritt neben dem im Perigastrium hinziehenden Ganglienstrang (auch Sympathicus genannt), entsprechend der massigen Entwicklung des Hautmuskelschlauchs, in diesem ein zweites Nervencentrum, das Rückenmark sammt Gehirn auf. Es liegt in der Dicke der Muskelschicht in der Medianlinie des Rückens, das Rückenmark umschlossen von den Wirbelknochen, das Gehirn von denen des Schädels und ausserdem noch mit einer Gefässhaut (Pia mater) bedeckt und in einen serösen Sack (Spinnwebhaut) eingewickelt. Man unterscheidet eine graue, aus Ganglienzellen gebildete, und eine weisse aus Nervenfäden bestehende Substanz. Am Rückenmark ist innen graue, aussen weisse Substanz, im Gehirn bildet die innere graue Substanz isolirte Kerne, von denen die Nerven entspringen, und hierzu tritt dann noch ein äusserer grauer Belag — die graue Hirnrinde. Die Fasern, welche die weisse Substanz bilden, setzen die Ganglienzellen theils untereinander, theils mit den Nervenursprüngen in Verbindung.

Beim Embryo ist das Rückenmark ein hohles Rohr und das Gehirn eine mehrfach ausgebuchtete Blase, und demgemäss findet sich auch noch beim Erwachsenen im Rückenmark ein feiner Centralcanal und im Gehirn ein System von Höhlen, die man Ventrikel des Gehirns nennt.

Gehirn und Rückenmark sind mit dem Ganglienstrang durch Commissurenfäden verbunden. Der letztere liegt im Perigastrium

an den Hautmuskelschlauch angeheftet, aber nicht an dessen Bauchseite wie bei den Artikulaten, sondern an der Rückenseite.

Von den Nervencentren entspringen als dritte Fortsetzungen der Ganglienzellen die mikroscopisch zarten Nervenfäden (Primitivfasern). Bei den niederen Thieren laufen sie einzeln und meist unter mehrfacher Verästelung (siehe Fig. 9) durch die Gewebsspalten bis zu ihren Endorganen, bei den höheren Thieren vereinigen sie sich bündelweise zu den sogenannten Nerven; diese besitzen dann eine bindegewebige Hülle, die Nervenscheide genannt.

Man unterscheidet animale und viscerale (sympathische) Nerven; die ersteren ziehen zum Hautmuskelschlauch, die letzteren gehen zum Darmschlauch und seinen Anhangsorganen sowie zu den perigastrischen Organen. Bei den wirbellosen Thieren stammen die animalen und die visceralen von den Ganglien des Perigastriums. Bei den Wirbelthieren stammen die animalen von Gehirn und Rückenmark, die visceralen vom Ganglienstrang, doch findet eine gewisse Durchmischung statt, indem sich einige Fasern des Ganglienstrangs den animalen Nerven beigesellen und umgekehrt.

Im Verlauf der Nerven stösst man auf intermediäre Ganglien, meist aus multipolaren Zellen bestehend, deren Ausläufer mit Nervenprimitivfasern in Verbindung stehen. Das ausgedehnteste Vorkommen haben diese intermediären Ganglien an den visceralen Nerven und aus ihrer Zusammenhäufung und mannigfaltigen Verflechtung durch Commissurenfäden gehen die sogenannten Gangliengeflechte hervor, die man als untergeordnete Nervencentra bezeichnen kann.

Die peripherische Endigung der Nervenfäden besteht wohl immer darin, dass sie mit einer sogenannten Nervenendzelle verschmelzen; deren finden wir in allen Hauptschichten des Thierkörpers:

1) in der Epidermis. Die Endzellen liegen entweder in gleicher Flucht mit den anderen Epidermiszellen oder sind zwischen ihnen in die Tiefe versenkt (oft bis in die Cutis). (Näheres siehe bei den Organen des Nervensystems);

2) im Epithel sind bis jetzt nur in einigen Drüsen, besonders den Speicheldrüsen, Endigungen gefunden worden, und zwar so, dass hier die Drüsenzellen selbst Nervenendzellen darstellen;

3) in den Bindeschichten: hier wird noch viel über die Endigungsweise gestritten; sicher gestellt ist, dass die dort liegenden Nervenendzellen häufig sternförmige Zellen sind, die bei vielen Thieren pigmenthaltig und contraktil sind; hieraus erklärt sich der Farbenwechsel der Haut (Chamäleon, Amphibien, Tintenfische etc.). Ist die Sternzelle isolirt, so kann sie als eine ein-

fache Verästelung des Nervenfadens mit freier Endigung erscheinen, steht sie dagegen mit den Ausläufern benachbarter Sternzellen in Verbindung, so kann ein Nervenendnetz entstehen;

4) in den Muskelschichten. In der animalen trifft man eigene Nervenendzellen mit sonderbarem lappenartigem Kern, die sich dicht an eine Muskelprimitivfaser anschmiegen, als flache Platten, an deren Centrum das Nervenende eingefügt ist (motorische Endplatte). In den visceralen Muskeln will man gesehen haben, dass der Nervenfaden im Kernkörperchen der Muskelzelle endet.

b) Das System der Ernährungsflüssigkeiten

ist in seinen ersten Anfängen (bei den Bryozooen) gar nichts als das mit flüssiger Bindesubstanz erfüllte Perigastrium, das mit Spalträumen der Muskelschichte offen communicirt. In Folge der Bewegungen von Hautmuskelschlauch und Darmschlauch wird die Flüssigkeit gleichfalls bewegt.

Die zweite Organisationsstufe ist gekennzeichnet durch das Auftreten eines an beiden Enden offenen Rohres, dessen Wandung aus Muskelzellen besteht, und Bewegungen ausführt. Solche Thiere besitzen also nur das Centralorgan des Blutgefässsystems, das Herz. Bei den Insekten ist dasselbe langgezogen und entsprechend der Segmentirung des Leibes seitlich mit einer Reihe paarweis gestellter Klappenöffnungen versehen. Durch sie tritt bei der Dilatation des Rohrs die Ernährungsflüssigkeit aus dem Perigastrium ins Innere des Rohrs, bei der Zusammenziehung werden diese Oeffnungen durch Klappen verlegt und die Flüssigkeit entweicht durch das offene Kopfende des Rohrs wieder in das Perigastrium und die damit communicirenden Gewebsspalten der Muskelschicht. Wegen seiner langen Gestalt erhielt dieses Centralorgan den Namen Rückengefäss.

Die dritte Organisationsstufe erreicht das System der Ernährungsflüssigkeit bei den Krebsen. Hier setzt sich die Ausflussöffnung des Centralorgans in eine Gefässröhre fort, die sich baumartig immer feiner verästelt, alle Gewebsspalten durchzieht und offen endigt. Diese das Blut vom Herzen zu den übrigen Körpertheilen führenden Röhren werden Arterien oder Schlagadern genannt. Aus den freien Oeffnungen der Schlagadern fliesst die Ernährungsflüssigkeit in die Gewebsspalten und sammelt sich wieder im Perigastrium, das mit ihnen offen communicirt; von da tritt es durch Klappenöffnungen neuerdings in das Centralorgan. Wir haben somit hier zwei sich concentrisch verhaltende Hohlräume (die Lichtung der Gefässe sammt Herz und die Gewebsspalten sammt Perigastrium), aber nur einerlei Flüssigkeit, die den cen-

trifugalen Weg in einem Hohlraumsystem, den centripetalen im andern zurücklegt. Auf gleicher Organisationsstufe steht das Gefässsystem der meisten Mollusken.

Bei den Würmern treffen wir die vierte Organisationsstufe, nämlich ausser Centralorgan und Schlagadern noch eigene rückläufige Gefässe, die in der Peripherie mit den Schlagadern und im Centrum mit dem Herzen verbunden sind. Hiermit sind zwei vollständig geschiedene, sich concentrisch verhaltende Systeme, jedes mit einer eigenen Flüssigkeit, entstanden:

1) das Blutgefässsystem, dessen Inhalt man Blut nennt,

2) das Lymphgefässsystem, dessen Inhalt Lymphe genannt wird.

An dem Gefässsystem unterscheidet man dann folgende Abschnitte:

1) das pulsirende Centralorgan oder Herz (bei den Würmern durch mehrere pulsirende Hauptstämme vertreten);

2) die Schlagadern (Arterien) deren Wandung bei den höheren Thieren zwar auch contraktil ist, aber sich nicht rhythmisch bewegt, das Blut fliesst in ihnen centrifugal;

3) die Blutadern (Venen), mit dünnerer Wandung, meist grösserem Lumen und centripetalem Blutlauf;

4) die Capillar-(Haar-)gefässe, welche in der Peripherie die Verbindung zwischen Schlagadern und Venen herstellen, und immer Röhren von mikroscopischem Caliber sind.

Die Gefässe bilden sich auf dem Wege der concentrischen Differenzirung aus soliden Zellsträngen. Die centralen Zellen werden unter Abscheidung flüssig bleibender Intercellularsubstanz flott und bilden mit letzterer das Blut, die peripherischen Zellen organisiren sich zur Gefässwandung.

Das Centralorgan (Herz) zeigt die gleiche Schichtung, aber die Muskularis hat sich bedeutend verdickt, ihre Zellen haben eine quergestreifte Beschaffenheit erreicht, und hängen häufig kettenartig aneinander.

Anmerkung. Im Centralorgan und den Venen treten namentlich bei den Wirbelthieren Klappen auf, indem sich die zwei innern Gefässhäute in Form einer Falte erheben und zur Bildung einer Tasche Anlass geben, die sich füllt, sobald das Blut rückläufig zu werden versucht und so die Gefässlichtung versperrt.

Bei allen Thieren von irgendwie grösseren Dimensionen ist es Regel, dass sich die Gefässe verästeln. Die Schlagadern spalten sich meist dichotomisch (seltener pinselförmig) in immer schwächere Gefässe, die schliesslich in die Capillaren übergehen. Die letztern bilden durch zahlreiche Anastomosen ein Röhrennetz, das übergeht in die Wurzeln der Venen, die sich zu immer grösseren

Stämmen sammeln, aber nicht ohne ziemlich zahlreiche Anastomosen zu bilden; unter den Schlagadern sind die Anastomosen seltener.

Das Lymphsystem ist auf seiner niedersten Entwicklungsstufe (z. B. bei den Würmern mit geschlossenem Gefässsystem), nichts als die Hohlräume des Perigastriums und die mit ihm in Verbindung stehenden Spalträume der Muskularis zusammengenommen, so dass ihm also keine eigene Wandung zukommt. Schon bei manchen Weichthieren (Cephalopoden) tritt eine eigene Begrenzungshaut dieser von den Blutgefässen durchzogenen Räume auf, und damit sind die Anfänge eines geschlossenen Lymphsystems gegeben, das übrigens erst bei den Wirbelthieren seine volle Entwicklung erlangt.

Für das Verständniss des Lymphsystems ist es wesentlich zu wissen, dass es sich zum Blutgefässsystem concentrisch verhält; entweder steckt das Blutgefäss geradezu in einem weiten Lymphrohr oder die Lymphgefässe bilden ein Flechtwerk um das Blutgefäss. Weiter bedingt dieses ursprüngliche concentrische Verhältniss, dass das Lymphgefässsystem auch in seiner gröberen Anordnung mit dem Blutgefässsystem übereinstimmt. Doch sind folgende Unterschiede hervorzuheben:

1) die Wandung besteht auch bei den stärksten Gefässen nur aus sehr zarten Häuten (Epithel, elastische Haut, Muskelhaut);

2) führt bei den Säugethieren das ganze Lymphgefässsystem, mit Ausnahme der Capillaren, Taschenklappen. Bei niederen Wirbelthieren fehlen sie;

3) bildet das Lymphgefässsystem keinen Kreislauf. Es beginnt in den Gewebsspalten mit Capillarnetzen; während man diese früher für geschlossen hielt, ist neuerdings von mehreren Forschern eine Communication mit den serösen Säcken (namentlich am Zwerchfell) nachgewiesen; ob auch gegen den Darm hin Oeffnungen bestehen, ist noch streitig. Von den Capillaren aus laufen die Gefässe nur centripetal unter vielfacher Anastomosenbildung, um sich in einen Centralcanal, den sogenannten Milchbrustgang, zu ergiessen. Dieser verläuft neben den Hauptstämmen des Blutgefässsystems und mündet in eine Vene in der Nähe des Herzens. Bei niederen Wirbelthieren hat man auch noch an anderen Stellen Einmündungen von Lymphgefässstämmen in Venen gefunden;

4) pulsirende Centralorgane fehlen dem Lymphgefässsystem entweder ganz, so bei den Säugethieren, oder es finden sich 2—4 kleine sogenannte Lymphherzen mit zarter Wandung, die pulsiren; so bei Reptilien, Amphibien und Vögeln;

5) das Lymphsystem zerfällt gleich dem Blutgefässsystem in

einen animalen und einen visceralen Theil. Der letztere gehört dem Darm an, findet seinen Weg zum Milchbrustgang durch den Raum zwischen den Gekrösplatten, unterscheidet sich vom animalen dadurch, dass er klappenlos ist, und da er während der Verdauung sich in auffälliger Weise (siehe unten) an der Aufsaugung betheiligt, so hat man diesem Abschnitt den eigenen Namen Chylusgefässe gegeben;

6) während das Blut aus rothgefärbten Blutzellen und nur wenigen farblosen Zellen (1 auf 2—3000 gefärbtes) besteht, führt die Lymphe fast nur farblose Zellen, die man deshalb auch Lymphkörperchen nennt.

c) System der Aufenthaltsmedien.

Eine eigene Art von System findet sich bei den wirbellosen Thieren. Es dient zur Circulation der Aufenthaltsmedien (Luft oder Wasser) durch den Körper. Bei den Seeigeln, Seesternen und Verwandten gewinnt es eine sehr grosse Ausdehnung, es besteht dort aus einem Gefässring im Perigastrium, der durch einen Canal ausmündet. Von ihm aus gehen blindendigende Gefässe in die sogenannten Ambulacralfüsschen und sonstigen Ausstülpungen des Hautmuskelschlauches. Die ganze Innenfläche dieses Wassergefässsystems flimmert.

Bei den Weichthieren ist von diesem System nur das dem Centrum entsprechende Organ, ein muskulöser pumpender Sack, vorhanden, der mit einer Oeffnung nach aussen, mit der andern ins Perigastrium mündet; er vermittelt die Zumischung von Wasser zu der im Perigastrium sich befindenden Ernährungsflüssigkeit und bedingt so die den Weichthieren eigene Zunahme ihres Körpervolums. Zarte Porencanäle, welche die Schichten des Hautmuskelschlauches durchsetzen, dienen zum Austritt der gemischten Flüssigkeit, wenn das Thier sich zusammenzieht.

Bei den Würmern liegen fast in jedem Segment ein paar Schläuche von öfters beträchtlicher Länge, die sich gleichfalls auf der einen Seite nach aussen öffnen, auf der anderen ins Perigastrium. Gewöhnlich unterscheidet man einen dicken Anfangstheil mit zelliger Wandung, geheftet an den Hautmuskelschlauch, und einen zarten aus einem blossen Chitinröhrchen bestehenden manchmal verzweigten Endtheil. Im Verlauf der Röhren, häufiger aber bloss an dem inneren Ende, sitzen Flimmerhaare oder Flimmerhäute, welche den Inhalt in der Richtung gegen das Perigastrium fortbewegen.

Während den Krebsen dieses System fehlt, treffen wir es in reicher Entfaltung bei den luftbewohnenden Gliederthieren, nur führt es selbstverständlich Luft statt Wasser. Es besteht aus

Fig. 10.

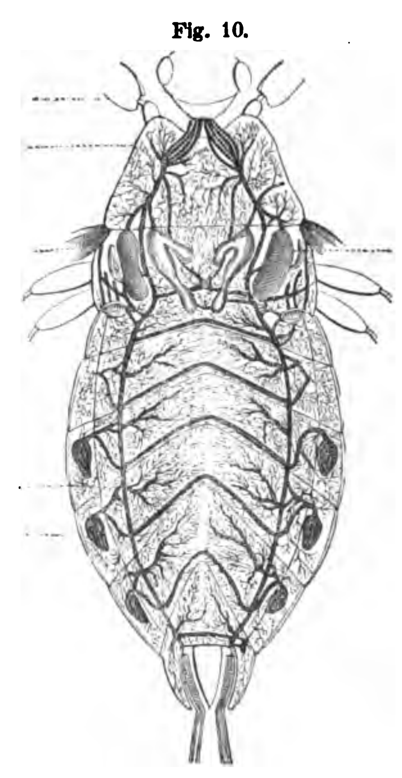


Fig. 10. Tracheensystem (aus Bronn).

Chitinröhren, die zierlich quergeringelt sind und Tracheen heissen; sie stehen durch Oeffnungen (Stigmen) mit der äusseren Luft in Verbindung und bestehen aus Hauptstämmen, die im Perigastrium liegen, und aus reichen alle Körpertheile durchdringenden Verästelungen, die bei den fliegenden Insekten häufig blasenartige Erweiterungen besitzen, ein pulsirendes Centralorgan fehlt. Als Beispiel der Anordnung dient Fig. 10, das Luftgefässsystem einer Wasserwanze (Nepa cinerea).

§. 14. Die Segmente.

Neben der im §. 12 geschilderten Sonderung des Thierkörpers in concentrische Schichten trifft man bei sehr vielen Thieren eine Gliederung der Tiefe nach, welche die Schichten senkrecht durchsetzt, so dass der Körper in eine Anzahl gleichwerthiger Abschnitte (Segmente) zerfällt. Die Segmentirung erstreckt sich entweder der Tiefe nach auf alle Schichten des Körpes oder es bleibt der Darmcanal davon ausgeschlossen. Das Verhalten der Schichten hierbei ist der Reihe nach folgendes:

a) Die Epidermis nimmt auffallend an der Segmentirung nur dann Antheil, wenn sie eine Cuticula abscheidet, die ist dann an den Trennungsstellen der Segmente weich und dünn, während sie auf dem Segment selbst feste hornige Platten bildet. Die Summe aller dieser durch weiche Häute verbundenen Platten bildet das Hautskelet der Gliederfüssler.

b) Auch die Cutis zeigt nur dann die Segmentirung deutlich an, wenn Hautknochen, Schuppen etc. auftreten, die Nähte bleiben dann unverknöchert und die Zahl der Hautknochen ist immer ein vielfaches der Segmentzahl; auch in diesem Fall spricht man von einem Hautskelet.

c) Die entscheidendsten Vorgänge der Segmentbildung fallen in die Muskelschicht, diese erfährt eine wirkliche Unterbrechung ihres Zusammenhangs, wobei sich in die Trennungsfurche eine bindegewebige Ausfüllungsmasse legt.

d) Indem sich entsprechend den Spalten in der Muskularis die Haupttheile der Systeme entwickeln, geben gerade die Systeme das genaueste Bild der Segmentirung, sie sind gewissermassen eine Verkörperung der Schnittlinien (siehe Fig. 11 das Gefässsystem eines längsgegliederten Süsswasserwurmes). Bei niederen Formen bleibt dieser Zustand, bei den höheren Formen gilt der Satz wenigstens für den Embryo, während im erwachsenen Zustand durch Verschiebungen, nachträgliche Wiederverwachsungen etc. die Harmonie vielfach verwischt wird.

Fig. 11.

Fig. 11. Gefässsystem von Saenuris variegata.

e) Die Betheiligung des Darms an der Segmentirung hängt ab von der Zeit seiner Abhebung vom Hautmuskelschlauch. Tritt im letzteren die Segmentirung schon ein, ehe sich der Darm von ihm gelöst hat, dann trägt auch der Darm deutliche Spuren derselben, indem er an den Nähten ringförmig eingeschnürt ist; häufig trägt dann jede Kammer ein paar Blindschläuche. So verhält es sich bei den Stachelhäutern (siehe Fig. 12), den meisten Würmern, und auch bei vielen Insekten ist der Darm mehr oder weniger deutlich geringelt. Bei den Wirbelthieren fehlt die Ringelung, dagegen sehen wir, wie auch schon bei vielen Gliederthieren am Darm örtliche Erweiterungen (wie Kröpfe, Mägen etc.) und Sonderung in Abschnitte dadurch eintreten, dass der Darmcanal in seinem Verlauf sich in Weite, Wandfläche etc. ändert: so unterscheiden wir von vorn nach hinten an den Wirbelthieren: Speiseröhre (mit oder ohne Kropf), Magen, Dünndarm, Dickdarm, Mastdarm.

f) Bei den ganz segmentirten Thieren ist sehr häufig das Perigastrium in ebenso viele Kammern getheilt als Segmente vorhanden sind, und zwar durch mehr oder minder vollständige Scheidewände theils bindegewebiger, theils muskulöser Natur (Würmer, Strahlthiere). Bei den Gliederfüsslern und Wirbelthieren mangelt diese Kammerung, und nur bei den Säugern kommt es zu einer Sonderung des Perigastriums in zwei Räume (Brust- und Bauchraum) durch eine muskulöse Scheidewand (das Zwerchfell).

Fig. 12.

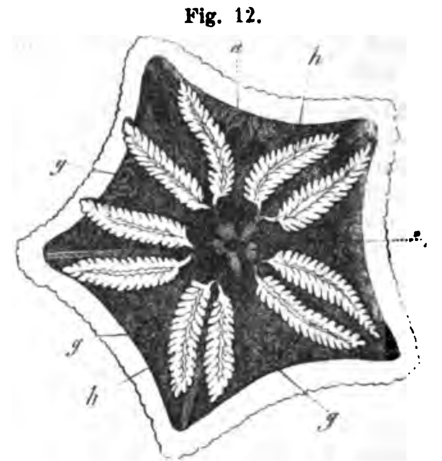


Fig. 12. Arteriscus verruculatus vom Rücken geöffnet: a After, g Genitalien, h Darmanfänge.

Die Segmentirung ist entweder **radial** oder **linear** oder sie tritt in beiden Richtungen auf. Radial ist die Segmentirung, wenn die Mund und After verbindende Linie in der Schnittebene liegt, linear, wenn sie senkrecht zu ihr steht; die erstere giebt die **strahlig gegliederten** Thiere (Strahlthiere) (Fig. 12 ein Seestern) die zweite die linear gegliederten (Gliederthiere und Wirbelthiere) siehe Fig. 11.

Die radial gestellten Segmente der Strahlthiere sind in der Regel noch linear segmentirt (bei allen Stachelhäutern), und die linearen Segmente der Gliederthiere und Wirbelthiere zerfallen in radial gestellte Abtheilungen; sind deren mehrere, so können Zwischenstufen zwischen Strahlthieren und Längsgegliederten entstehen. Bei allen höher gestellten Gliederthieren und sämmtlichen Wirbelthieren herrscht jedoch eine einzige radiale Schnittrichtung vor, die jedes Segment in eine rechte und linke Hälfte theilt; solche Thiere nennt man **symmetrisch**. Bei ihnen sind alle Körpertheile, welche in dieser radialen Schnittebene liegen, also namentlich die Centra der Systeme in der Einzahl vorhanden (oder nur einfach in jedem Segment); alle, welche nicht in ihr liegen, in der Zweizahl (oder zu zwei in jedem Segment).

Während es keine linear segmentirten Thiere gibt, denen wenigstens die eine Radialtheilung, auf der die Symmetrie beruht, fehlte, tragen die **Weichthiere** nur die eine Theilungsrichtung, die symmetrische, zur Schau und zwar die zweischaligen Muscheln ungestört, die Schnecken gestört, indem sich der Embryo, der ursprünglich symmetrisch ist, in Folge von drehenden Bewegungen einseitig entwickelt.

Anmerkung. Da die Richtung, in welcher die Segmentirung erfolgt, die Haupttypen des Thierreichs bestimmt, so siehe das Nähere später in dem Kapitel, welches von der Eintheilung des Thierreichs handelt.

In den bindegewebigen Spalträumen zwischen den Segmenten der Muskelschicht tritt bei den Wirbelthieren, die davon

ihren Namen tragen, ein eigenes System auf, das sogenannte Knochensystem, und zwar eben durch die Verirdung eines Theils des Bindegewebes dieser Räume. Bei den niedersten Wirbelthieren (Amphioxus) fehlt es noch, nur in der Hauptradialschnittlinie treffen wir einen zelligen Strang, die sogenannte Chorda dorsalis, die auch bei allen Embryonen höherer Wirbelthiere auftritt und den Ausgangspunkt für das Zustandekommen des Centraltheils des Knochensystems bildet. Auf der zweiten Entwicklungsstufe (bei den sogenannten Knorpelfischen) besteht das Knochensystem aus homogenem (oft theilweise verirdetem) Knorpel, auf der dritten Entwickelungsstufe aus ächtem Knochengewebe.

Den Knochen geht beim Embryo meist Knorpel voran, der sich mit einer concentrischen Hülle von sehr gefässhaltigem Bindegewebe umgiebt (Knorpelhaut — Perichondrium). Die Knochenbildung erfolgt, indem die innersten Lagen des Perichondriums verknöchern und der embryonale Knorpel sich in das weiche, bindegewebige Knochenmark umwandelt. Während die Beinhaut (Periost, wie man von jetzt an die ursprüngliche Knorpelhaut nennt) aussen fortwährend neue Knochenlagen aufträgt, erfahren die innersten eine ebenso fortdauernde Umwandlung in Knochenmark und so wird die Markhöhle immer grösser je dicker der Knochen wird. Dazu kommt dann noch ein interstitielles Wachsthum, das wir uns als eine Art Aufquellen der Bindesubstanz denken können.

Wo zwei Knochen aneinander stossen, ist der Zwischenraum entweder einfach durch eine mit den beiderseitigen Knochenenden im Zusammenhang stehende Bindegewebslamelle erfüllt (sogenannte Nahtverbindung), oder es tritt Gelenkbildung ein. Im letzteren Fall tragen die Knochenenden einen Ueberzug von Knorpelsubstanz (Gelenkknorpel); durch sie und die verstärkte Beinhaut, die von einem Knochen continuirlich auf den andern übergeht (Gelenkkapsel) und auf ihrer Innenfläche mit einer serösen Haut (Synovialmembran) überzogen ist, wird eine mit zäher gelblicher Flüssigkeit (Synovia — Gelenkschmiere) erfüllte Höhle (Gelenkhöhle) begrenzt, die aus einer Verflüssigung des dort liegenden embryonalen Gewebes hervorging.

Indem alle in den Spalträumen der Segmente auftretenden Knochen (mit sehr wenigen Ausnahmen) durch Nähte oder Gelenke in nähere Verbindung treten, entsteht das Skelet. Entsprechend dem Zerfall der Muskularis in Längs- und Ringschicht, besteht das Skelet aus Knochen der Längs- und solchen der Ringlage. Die der ersteren sind eine Kette von ebenso vielen Wirbelsystemen, als Spalträume zwischen den Segmenten der Längsmuskeln

Fig. 13.

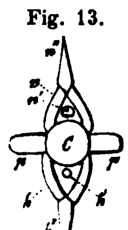


Fig. 13. Wirbelsystem C Körper, n Neuralbogen, n' Rückenmark, n'' Neuralspina, h Hämalbogen, h' Blutgefäss, h'' unterer Dornfortsatz.

sich finden. Die auf zwei Gürtel beschränkte Ringmuskelschicht producirt zwei gegliederte Knochengürtel: Schulter- und Beckengerüste, und im Anschluss daran befinden sich die Knochen der Gliedmaassen.

Ein Wirbelsystem, (siehe dessen Schema in Fig. 13) besteht aus folgenden Stücken:

1) einem in der Mittelaxe des Körpers liegenden Centrum, dem Wirbelkörper, der sich als Ring um die embryonale Chorda dorsalis bildet. Wo die Chorda zeitlebens besteht, z. B. bei Fischen, bleibt er ein Ring, im andern Fall (bei Reptilien, Vögeln und Säugern) wird er solid;

2) aus zwei Paaren von Knochenbögen;

a) den Wirbelbogen, welche den Rückenmarkcanal umkreisen;

b) den Rippenbögen (Owen), welche die Rumpfhöhle umkreisen; sie werden entweder jederseits nur von einem einzigen Stück gebildet oder, wie an der Brust der Luft athmenden Wirbelthiere von zwei, von denen das grössere mit dem Wirbelkörper meist gelenkig verbundene Stück Rippe, das kleinere an der Bauchseite gelegene, meist knorplig bleibende Stück Rippenknorpel heisst;

3) aus zwei Schlussstücken:

a) einem meist unpaaren, zwischen den inneren Enden der Wirbelbogen liegenden, mit ihnen meist verwachsenden, sogenannten Dornfortsatz;

b) einem meist paarigen oder wenigstens erst später durch Verwachsung unpaar werdenden, zwischen den innern Enden der Rippenbögen liegenden Schlussstück, das mit diesen meist nur gelenkig verbunden wird. Indem diese unteren Schlussstücke bei manchen Thieren (z. B. den Vögeln, auch manchen Säugern) zu einem einzigen Knochen verschmelzen, entsteht das Brustbein.

Anmerkung. Das was man gemeinhin Wirbel nennt, ist immer ein aus mehreren, aber nicht jedes Mal gleich vielen, der obengenannten Stücke zusammengewachsenes Ganze. Die Kette der meist gelenkig verbundenen Wirbel heisst Wirbelsäule; über den Schädel siehe unten.

Die Knochen der Ringmuskelschicht bilden den Schulter- und den Beckengürtel, deren jeder in seiner vollständigen Entwicklung aus drei Knochenpaaren besteht, einem dorsalen und zwei ventralen, welch letztere man wieder unterscheidet, je nach ihrer Lage zum Schwerpunkt des Thierkörpers, als inneres und äusseres Paar.

1) Am Schultergürtel wird das dorsale Stück Schulterblatt,

scapula, genannt, die zwei ventralen sind das Schlüsselbein, clavicula, und das Rabenbein, os coracoideum, alle drei stossen entsprechend der Trennungslinie des Körpers in Bauch- und Rückenhälfte mit ihrem einen Ende zusammen zur Bildung der Gelenkungsstelle für den Arm; sie sind dort entweder beweglich mit einander. verbunden (z. B. den Reptilien und Vögeln) oder das Rabenbein, das in diesem Fall verkümmert ist, verwächst mit dem Schulterblatt, einen blossen Fortsatz desselben darstellend (Säugethiere). Die Verbindung von Schlüsselbein und Schulterblatt bleibt fast immer eine bewegliche. Das Schulterblatt endet gegen die Rückennaht hin immer frei. Die ventralen Knochen treten sehr häufig in gelenkige (sehr selten in knöcherne) Verbindung mit dem Brustbein. Bei den Säugern gehört die gelenkige Verbindung dem Schlüsselbein an, bei den Vögeln dem Rabenbein, während die Schlüsselbeine der rechten und linken Seite mit ihren Brustenden meist verschmelzen zu einem unpaaren Knochen, dem sogenannten Gabelbein (Furcula). Bei den Säugern ist das Schulterblatt der constanteste und mächtigste Theil des Schultergürtels, das Schlüsselbein fehlt oft ganz und ist vollständig entwickelt nur bei den kletternden, grabenden und fliegenden Säugern.

2) Am Beckengürtel nennt man den dorsalen Knochen das Darmbein, die ventralen sind das Schambein und Sitzbein. An ihren seitlichen Enden stossen alle drei zusammen zur Bildung der Hüftgelenkpfanne, in der der Oberschenkel gelenkt, die Verbindung der Gürtelknochen ist entweder eine nahtweise oder eine knöcherne. Das Darmbein verbindet sich an seinem dorsalen Ende bei den meisten höheren Wirbelthieren mit einer grösseren oder geringeren Anzahl von Wirbeln durch straffe Bandmasse, wobei diese Wirbel selbst unter einander in festere (meist knöcherne) Verbindung treten und in dieser Vereinigung Kreuzbein genannt werden. Schambein und Sitzbein endigen in der Bauchnaht entweder frei, z. B. bei den Vögeln, oder sie stossen, wie bei den Säugern unter Bildung eines durch einen Meniscus geschiedenen Gelenkes zusammen. Dieses Gelenk wird übrigens nur von den Schambeinen gebildet, die Sitzbeine verschmelzen mit dem Hinterrande der Schambeine.

Das Skeletstück, welches aus der Vereinigung vom Beckengürtel mit dem Kreuzbein entsteht, nennt man Becken, die von ihm umschriebene Oeffnung ist bei den weiblichen Säugern behufs Durchpassirung des Jungen weiter als bei den männlichen.

Die Gliedmaassen bestehen, wenn sie voll ausgebildet sind, aus drei Hauptabtheilungen: 1) einer einknochigen, dem Gürtelknochen aufsitzenden, vorn Oberarm (humerus), hinten Oberschenkel (femur) genannt; 2) einer darauffolgenden zweiknochi-

gen, vorn **Vorderarm** hinten **Unterschenkel** genannt; im ersteren findet sich die **Elle** (ulna) und die Speiche (radius), im letzteren das Wadenbein (fibula) und Schienbein (tibia). Es entsprechen sich ulna und fibula, radius und tibia, da aber die Knickung der beiden Gliedmaassen eine entgegengesetzte ist, so überwächst am Arm die ulna das Gelenk und bildet den Ellbogen; am Fuss ist die tibia in gleiche Lage gekommen, und bildet mittelst eines eigenen durch Bandmasse mit ihr beweglich verbundenen Knochens der sogenannten **Kniescheibe** (patella) das Knie; 3) einer vielknochigen, vorn **Hand** hinten **Vorderfuss** genannten Abtheilung, die in drei Unterabtheilungen zerfällt: **Handwurzel** und **Fusswurzel** (carpus und tarsus), **Mittelhand** und **Mittelfuss** (metacarpus und metatarsus), **Finger** und **Zehen**. Die Fuss- und Handwurzel besteht von den Amphibien an im Grundplane aus neun Knochen, die aber durch Verschmelzung bedeutend reducirt sein, ja scheinbar ganz in Wegfall kommen können. Am ähnlichsten dem Grundplan bleibt die Handwurzel bei allen mehrfingerigen Reptilien und Säugern, bei den Vögeln ist sie auf zwei Knochen reducirt. Die Fusswurzel, welche die Ferse bildet, bleibt wieder bei Reptilien und den Säugern vielknochig, bei den Vögeln verschmilzt sie mit den Knochen des Mittelfusses in einen einzigen Knochen, den sogenannten Laufknochen (tarsus). Mittelhand und Mittelfuss bestehen im Allgemeinen aus ebenso viel neben einander liegenden Röhrenknochen als Finger oder Zehen vorhanden sind. Wo aber die Zahl der letzteren vermindert ist, tritt mitunter eine Verschmelzung derselben in einen Knochen ein (am Arm der Vögel, an Hand und Fuss der Wiederkäuer und Einhufer). Die Grundzahl der Zehen und Finger ist von den Amphibien an aufwärts die Fünfzahl, allein es kommen durch Reduction alle Zahlen abwärts vor: die Vögel haben drei Finger und vier Zehen (auf 3 und 2), unter den Säugern haben die Einhufer nur eine Zehe und einen Finger, die Zweihufer zwei entwickelte und zwei verkümmerte etc. Jeder Finger und jede Zehe besteht wieder aus meist drei gelenkig verbundenen Röhrenknochen, den sogenannten Phalangen, wobei übrigens Reductionen (z. B. am Vogelflügel) und Ueberschreitungen (an den Fingern der Walthiere und den Zehen der Vögel) vorkommen. An der Hand unterscheidet man den inneren Finger als Daumen (pollux), am Fuss als grosse Zehe (hallux), weil sie meist eine Phalange weniger haben als die andern, auch öfter den andern opponirt sind.

Anmerkung. Bei den Fischen sind die beiden Anfangsstücke der Gliedmaassen sehr verkürzt und Hand und Fuss in eine vielstrahlige Flosse verwandelt.

Die Segmente eines segmentirten Thieres sind entweder alle

einander gleich (homonom), oder sie zeigen erhebliche Verschiedenheiten unter sich (heteronom). Constant ist, dass sich die den Mund und den After tragenden Segmente von den andern unterscheiden. Während bei den niedersten Würmern z. B. sonst alle einander gleich sind, finden wir schon bei den höheren Würmern mehrere Sorten von Segmenten, und zwar so, dass auf eine Reihe gleicher Segmente eine Reihe solcher von anderer Beschaffenheit folgt etc. Ein solches Thier besteht dann aus zwei, drei etc. Segmentreihen.

Bei den Gliederfüsslern und den Wirbelthieren treten neben Segmentreihen die sogenannten Segmentgruppen auf. Sie entstehen dadurch, dass auf eine im embryonalen Zustand vollständige Segmentirung im Laufe des Wachsthums ein Zustand innigerer Wiederverwachsung der Segmente eintritt. Die constanteste und allgemeinste Segmentgruppe ist der Kopf. Bei den Gliederfüsslern entsteht er wohl immer aus der Verschmelzung von fünf Segmenten, deren Gliedmaassenpaare in Tast- und Kauwerkzeuge umgewandelt sein können, oder den Charakter von Kieferfüssen behalten. Bei den Wirbelthieren ist der Kopf ein Compositum aus vier Segmenten, deren Wirbelsysteme den sogenannten Schädel zusammensetzen. Dieser zerfällt in die Schädelkapsel zur Aufnahme des Gehirns, aufgebaut aus den Körpern, Wirbelbogen und oberen Dornfortsätzen von vier Wirbelsystemen, die man von hinten nach vorn: Hinterhauptwirbel, Scheitelwirbel, Stirnwirbel und Nasenwirbel nennt. Die unteren Bögen dieser Wirbelsysteme liefern den Gesichtsschädel, die zwischen den Wirbelsystemen liegenden Segmente der Muskularis werden zu den Muskeln des Gesichts, der Kiefer und Zunge.

Bei den höheren Wirbelthieren folgt auf den Kopf der Hals, der fast immer den Charakter einer beweglichen Segmentreihe trägt. Zu erwähnen ist nur, dass ein Theil der unteren Bogen den Kiemen und Zungenbeinapparat herstellt. Die Zahl der Halssegmente ist nur bei den Säugern eine constante, nämlich sieben. Den Fischen mangelt der Hals, und bei den Amphibien und Reptilien hat er sich noch nicht sehr scharf von der nächstfolgenden Segmentreihe geschieden. Die Gliederfüssler besitzen keine dem Hals entsprechende Segmentreihe.

Die Brust (thorax) besteht bei den Gliederfüsslern entweder aus einer beweglichen Segmentreihe, so bei vielen niederen Krebsen und den Insektenlarven; oder, wie bei den höheren Krebsen und den Insekten nach der Verwandlung, aus einer Segmentgruppe. Die Zahl der in sie eingehenden Segmente ist bei den Insekten allgemein die Dreizahl, wobei jedoch häufig das erste dieser Segmente eine unabhängigere, freibeweglichere Stellung einnimmt und prothorax (Vorbrust) genannt wird. Bei den Crustaceen herrscht

die Fünfzahl vor und in der Regel verschmilzt Kopf und Brust in eine einzige, (dann aus zehn Segmenten bestehende) Gruppe zusammen, die sogenannte Kopfbrust (cephalothorax). Bei den Wirbelthieren tritt die Brust erst bei den luftathmenden als eigener Abschnitt auf und ist dann eine bewegliche Segmentreihe, ausgezeichnet durch die vollständige Entwicklung der unteren Wirbelbogen zu Rippen und die Anwesenheit des Brustbeins. Die Beweglichkeit dieser Reihe ist übrigens fast immer eine mindere, als die des Halses und wird bei manchen Vögeln schon durch eine Verwachsung der hinteren Brustwirbel erheblich, bei den Schildkröten durch die Verwachsung der Wirbelsysteme mit einer Lage von Hautknochen ganz beseitigt. Die Zahl der Brustsegmente schwankt bei den Wirbelthieren sehr (Mensch 12).

Bei den Gliederfüsslern folgt auf die Brust nur noch ein Abschnitt, der Bauch (abdomen), der fast immer den Charakter einer beweglichen Segmentreihe trägt und in seinem letzten Segment die Afteröffnung (meist auch die der Geschlechtswerkzeuge) herbergt. Bei den Insekten ist er immer fusslos, bei den Crustaceen kann auch er Gliedmaassenpaare tragen.

Bei den Wirbelthieren ist der Bauch nicht die letzte Segmentreihe des Leibes, sondern es schliesst sich nach hinten eine weitere, der sogenannte Schwanz (cauda), an, dadurch von allen andern unterschieden, dass der Darmcanal sich nicht in ihm fortsetzt, sondern an der Wurzel des Schwanzes endet. Der Bauch ist entweder eine einzige Segmentreihe beweglicher Natur, oder er scheidet sich in eine vordere, bewegliche Reihe, die Lende und eine unbewegliche, mit dem Beckengürtel verschmolzene Segmentgruppe, das Becken oder die Hüfte. So ist es bei den mit entwickelten Hintergliedmaassen versehenen Säugern, Reptilien und Amphibien. Bei den Vögeln fehlt der Zerfall in Lende und Becken, indem das dorsale Stück des knöchernen Beckengürtels mit allen Bauchwirbeln, ja sogar manchmal noch mit einigen Rückenwirbeln verschmilzt und so den ganzen Bauch in eine unbewegliche Segmentgruppe verwandelt. Diese Bildung einer sogenannten Bauchbrust hat ihre vollkommenste Stufe bei den Schildkröten erreicht, aber nicht durch eine Vergrösserung des Beckens, sondern durch das Auftreten des mit dem Bauch- und Brustskelet verwachsenden Hautpanzers.

Wo, wie bei den Fischen, jeglicher Zerfall der zwischen Kopf und Schwanz liegenden Segmente fehlt, nennt man diesen mittleren Abschnitt Rumpf.

§. 15. Die Organe.

Die Organe entstehen entweder durch örtliche Wucherungen

einzelner Schichten oder durch unvollkommene Zerspaltung derselben. In der Regel geht die Wucherung von einer einzigen Schicht aus; erfolgt sie aber in eine andere hinein, so wird diese entweder ein- oder ausgestülpt und liefert einen Ueberzug über den von der ersteren gebildeten Zapfen, oder sie betheiligt sich aktiv an dem Aufbau eines in diesem Falle complicirteren Organes. Die Wachsthumsrichtung der Organe ist entweder centrifugal oder centripetal (als Centrum ist hier wie immer das Perigastrium gemeint). Im Folgenden sind zuerst die Organe der einzelnen Schichten des Körpers, dann die der Systeme und Segmente aufgeführt.

a) Organe des Hautmuskelschlauchs.

Centrifugale Organe der Cuticula sind Haare, Schuppen und Borsten der Gliederthiere; sie bilden sich um den Auswuchs einer Epidermiszelle, der verschwindend eine Höhlung zurücklässt. Centripetale Organe der Cuticula sind die Sehnen, die wir bei vielen Crustaceen treffen.

Die Epidermis producirt durch örtliche Wucherung die hornigen Theile der Hufe, Nägel, Haare und Federn der Wirbelthiere und die sogenannten Hautdrüsen. Die Auswüchse, wofern sie nicht ausgedehnte Verdickungen sind, erfolgen immer centripetal und werden durch einen concentrischen Schichtungsprocess zu Höhlen, Schläuchen (Talg-, Schweiss- und Milchdrüsen); wächst ihnen aber eine centrifugale Wucherung der Cutis (Papille) entgegen, so erhebt sich am Grund des Schlauches ein Zellzapfen, durchwächst den Schlauch und tritt aus seiner Oeffnung als Haar oder Feder zu Tage.

Anmerkung. Bei den wirbellosen Thieren sind die Hautdrüsen die alleinigen Epidermisorgane und sehr häufig nur aus einer Zelle gebildet.

Die Organe der Lederhaut sind wohl immer centrifugal und tragen im Allgemeinen den Namen Papillen; sie sind am zahlreichsten und dichtesten bei den Vögeln und Säugern und erzeugen in Verbindung mit Epidermiskolben die Haare und Federn. Die der Federn sind ausserordentlich gross, vertrocknen aber nach Reifung der Feder zur sogenannten Seele. Die Schuppen der Fische entstehen gleichfalls aus Lederhautpapillen, aber ohne Betheiligung der Epidermis; entweder sind sie verknöcherte Papillen (bei Rochen, Haien etc.) oder sie bestehen aus einer im Innern der Papille lamellenweise sich ablagernden erhärtenden Intercellularsubstanz, während die Papille selbst zum Schuppentäschchen wird. Als weitere Organe der Cutis sind die Hautskelete der Stachelhäuter und die Knochenschilder in der Haut

von Fischen, Reptilien und Säuger aufzufassen, im Gegensatz zu den Hautskeleten der Gliederthiere und Weichthiere, welche der Cuticula angehören, und endlich sind die Kalkgerüste der Corallen Erzeugnisse der Cutis. Die Zähne der Wirbelthiere sind verknöcherte Hautpapillen, deren Epidermisüberzug in die gleichfalls verknöcherte Schmelzlage umgewandelt worden ist.

Die Muskularis bildet durch centrifugale Wucherungen, die jedoch immer einen Ueberzug von der Haut erhalten, die sogenannten Bewegungsorgane. Bei den Wirbellosen sind sie bald solide, bald hohle Zapfen mit oder ohne eingelagerte Zartgebilde. Die Muskelfasern verlaufen entweder longitudinal oder kreisförmig oder es kommen beiderlei Faserzüge vor. Bei den Wirbelthieren und Gliederthieren sind sie Ausstrahlungen der Ringmuskelschicht, ihre Fasern laufen deshalb fast durchweg nach der Länge des Gliedes und werden in Beuge- und Streckmuskeln geschieden; in ihrem Innern enthalten sie bei den Wirbelthieren die Gliedmaassenknochen (siehe §. 14), bei den Gliederthieren sind sie hohl.

An der Muskularis ist noch zu erwähnen ihr Zerfall in Muskeln. Darunter versteht man Gruppen von Muskelfasern, die in bindegewebige Umhüllungen (Muskelscheiden) eingeschlossen sind. In der Zugsrichtung der Muskelfasern verdichten sich die Muskelscheiden unter beträchtlicher Massenzunahme zu den sogenannten Sehnen und indem sich diese letzteren meist mit den Knochen fest verbinden, entsteht der Bewegungsapparat. Uebrigens heften sich nicht alle Muskeln an Knochen an. Bei den höheren Wirbelthieren wird durch diese Muskelbildung die ursprüngliche Segmentirung der Längsmuskelschicht über grössere oder geringere Strecken des Körpers beträchtlich verwischt. Die Sehnen können im Alter theilweise verknöchern, am häufigsten ist dies an den Füssen der Laufvögel der Fall.

b) Organe des Darmschlauchs.

Während im Hautmuskelschlauch die Muskularis die umfänglichsten Organe aus sich knospen lässt, ist im Darmschlauch die grösste Knospungsthätigkeit im Epithel concentrirt. Dies erzeugt durch centripetale Wucherung (hierbei ist das Perigastrium als Centrum gedacht) die sogenannten Darmdrüsen. Bei den niederen Thieren trifft man sie in Form von einfachen oder verästelten, hohlen, in den Darm geöffneten Schläuchen an; entweder sind sie nur Epithelialröhren, aussen von einer Glashaut umgeben, oder es sind auch die andern Schichten des Darms vertreten, so

dass man sie als Ausstülpungen der ganzen Darmwand ansehen kann. Gewöhnlich trifft man ein Paar grössere solcher Drüsen, die in den Vorderdarm münden und Speicheldrüsen genannt werden. Den in den Mitteldarm mündenden gibt man gewöhnlich den Namen Leberschläuche und bei den Insekten, wo sie an der Grenze zwischen Mitteldarm und Enddarm einen Büschel fädiger Röhren bilden, tragen sie den Namen Malpighische Gefässe.

Bei dem dünnwandigen Darm der Wirbellosen ragen alle diese Drüsen frei ins Perigastrium, und bei manchen dringen sie sogar bis in die Beine und Kieferfüsse vor.

Bei den Wirbelthieren findet sich eine grössere Mannigfaltigkeit von Darmdrüsen:

1) Schlauchförmige (Fig. 14, b), in der Dicke der Sammthaut steckende, von meist mikroskopischer Kleinheit; sie finden sich in Magen und Dünndarm in dichter Lage.

2) Traubige Drüsen mit baumförmig verästeltem Ausführungsgang, an dessen Enden die Drüsenbläschen sitzen. Man trifft sie von sehr verschiedener Grössenentwickelung als kleine sogenannte Schleimdrüschen, denn schon umfangreicher sind die in die Mundhöhle mündenden Speicheldrüsen. Die grössten sind die Lungen und die Bauchspeicheldrüse. Die letztere mündet hinter dem Magen in den Dünndarmanfang. Die Lunge tritt schon bei den Fischen als ein häufiger in den Schlund mündender mit Luft gefüllter Sack, als sogenannte Schwimmblase, auf (der Ausführungsgang kann sich verschliessen und ganz verschwinden); bei den Amphibien nimmt sie eine zellige Struktur an und bei den höheren Luftthieren stellt sie eine grosse, traubige, mit Luft gefüllte Drüse dar, deren Ausführungsgänge durch Einlagerung von Knorpeln stets offen erhalten werden. Die Endbläschen heissen Lungenbläschen, die Ausführungsgänge, deren Epithel Flimmerhaare trägt, nennt man Bronchien, den meist unpaaren Hauptstamm Luftröhre (trachea).

An der Wurzel der letzteren entwickelt sich der von Knorpeln unterstützte obere Kehlkopf, dessen Eingang durch willkürliche Muskeln geschlossen werden kann. Der untere Kehlkopf der Vögel entwickelt sich an der Theilungsstelle der Luftröhre in den rechten und linken Bronchus.

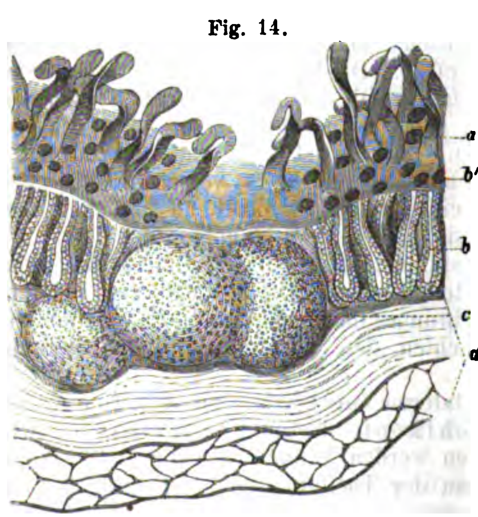
3) Sogenannte Abschnürungsdrüsen ohne Ausführungsgang. Sie entstehen gleichfalls als Wucherungen des Darmepithels in die Dicke der Sammthaut, aber sie lösen sich später von ihrem Mutterboden und stellen kuglige Zellennester in der Dicke der Darmwand dar (Fig. 14, c). Umfänglichere Abschnürungsdrüsen sind die Schilddrüse und die Thymus. Sie bestehen aus einem gefässhaltigen Bindegerüste, in welchem Drüsenbläschen vertheilt sind, bei

der Thymus münden sie in eine Centralhöhle, bei der Schilddrüse sind sie rings geschlossen.

4) Die Leber ist ursprünglich eine verästelte Wucherung des Darmschlauchs, aber indem sich die Aeste in der Peripherie verbinden, entsteht ein Netzwerk von Drüsencanälen. Der Ausführungsgang mündet in den Anfangtheil des Dünndarms und wird Gallengang genannt; als ein seitlicher Anhang des Gallengangs entwickelt sich die Gallenblase, die aber nicht allen Wirbelthieren zukommt.

Die Bindeschicht des Darms (Sammthaut) erzeugt bei den Wirbelthieren ähnliche Papillen wie die Lederhaut und man nennt sie Darmzotten (Fig. 14, a); sie stehen im Dünndarm sehr dicht, enthalten Gefässschlingen und eine Lymphcisterne. Umfänglichere Papillen treffen wir in der Mundhöhle und in ihnen endigen die Geschmacksnerven. Dass die Zähne verknöcherte Papillen sind, wurde schon oben gesagt. (Die zahnartigen Gebilde auf der Zunge der Wirbellosen, besonders Molusken, sind cuticulare Bildungen.)

Fig. 14.



Als Ausstülpungen des ganzen Darms sind noch die sogenannten Blinddärme, Pförtneranhänge, Wurmfortsätze etc. aufzuführen, deren Wand so ziemlich die gleiche Struktur zeigt wie die Darmwand selbst. Dann finden sich auf der inneren Oberfläche des Darms umfänglichere Faltenbildungen z. B. in dem Blätter- und Netzmagen der Widerkäuer, dann als sogenannte Spiralklappen im Darm von Fischen etc. Lokale Wucherungen der Muskularis erzeugen die Muskelmägen und am Dickdarm vieler Thiere sehen wir in Folge Zerfalls der Ring- und Längsmuskelschicht in einzelne Bänder und Ringe den Darm mit blasigen Ausweitungen besetzt, in denen sich die Kothballen bilden.

Von den Räumlichkeiten des Darmschlauchs muss erwähnt werden:

1) Die Mundhöhle, die anfangs eine Grube der äusseren Haut ist; indem die unteren Bögen der Kopfsegmente (Kiemenbogen der Embryologen) sie umwachsen, wird sie zur Höhle. Von ihrem Dache wachsen zwei Platten schief nach ab- und einwärts in die Rinne zwischen Kiefer und Zunge. Wenn das junge Thier zum ersten Mal den Mund öffnet, zieht es die Zunge zwischen diesen beiden Platten heraus. Beim Wiederverschluss drängt die Zunge die Platten in die Höhe, so dass sie wagrecht zu liegen kommen, in der Mittellinie sich berühren und zum Gaumen verwachsen. Der über ihnen bleibende, durch eine senkrecht von oben herabwachsende Scheidewand (Nasenscheidewand) in zwei Gänge zerfallende Raum ist die Nasenhöhle, der untere die Mundhöhle. Der hintere Abschnitt der embryonalen Höhle bleibt ungetheilt und heisst Rachenhöhle; letztere steht nach vorn durch die zwei Choanen mit den beiden Nasenhöhlen, durch eine andere unpaare von dem beweglichen Gaumensegel umsäumte Oeffnung mit der Mundhöhle in Verbindung. In den Nasengängen wuchern von Aussen- und Hinterwand die Nasenmuscheln herein in Gestalt feiner, mit einer Schleimhaut überzogenen, gerollten Knochenplättchen.

2) Eine ähnliche Trennung der embryonalen Afterhöhle führt bei den Säugethieren zur Scheidung des Mastdarms von dem Ausführungsgang der Harn- und Geschlechtswerkzeuge. Wucherungen am Umfang der letzteren Ausmündung bilden die äusseren Begattungswerkzeuge, Wucherungen nach einwärts ins Perigastrium dagegen die Ausführungsgänge der Harn- und Geschlechtsdrüsen. Eine embryonale Ausstülpung des Enddarms ist die sogenannte Allantois, welche das Zustandekommen der Placenta bedingt und deren Wurzeltheil später als Harnblase fungirt. Bei Vögeln und Reptilien kommt die Trennung in After und Geschlechtsöffnung nicht zu Stande, alles mündet in eine gemeinschaftliche Höhle, die Kloake.

c) Organe des Perigastriums.

Während ein Theil der Zellen des Perigastriums die sogenannten Systeme aufbaut, ein anderer die Ernährungsflüssigkeit herstellt, vergesellschaftet sich ein anderer zum Aufbau der sogenannten perigastrischen Drüsen. Von ihnen sind zu nennen:

1) Die Geschlechtsdrüsen. Entweder sind sie ungeschichtete Nester von Zellen, die zur Zeit der Geschlechtsreife in lebhafte Zellvermehrung gerathen (Kiemenwürmer, siehe Fig. 15). Bei Anderen sind es strangförmig geordnete, von einer Glashaut zusammengehaltene Zellen. Bei den Gliederthieren tritt regelmäs-

Fig. 15.

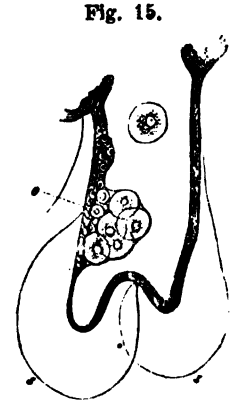


Fig. 15. Eizellenhaufen im Fussstummel eines Wurmes (Tomopteris) nach Gegenbaur.

sigere concentrische Schichtung ein, und so entstehen röhrige oft büschelweise verbundene Drüsen. Bei den Wirbelthieren bestehen die weiblichen Geschlechtsdrüsen aus einem Fachwerk von Bindegewebe, in welchem kuglige Zellnester getroffen werden, die sogenannten Graaf'schen Follikel. Sie entstehen aus perlschnurartigen Epithelialröhren durch Abschnürung. Die centrale Zelle des Follikels wird zum Ei, die peripherischen zum Epithel des Follikels. Das Ei kann nur durch das Platzen des Follikels frei werden.

Bei manchen Thieren, z. B. Naiden, Fischen etc. fallen die Geschlechtsproducte bei ihrer Reife frei ins Perigastrium und gelangen durch bleibende oder zufällige Oeffnungen des Hautmuskelschlauchs ins Freie; bei anderen. wie den meisten Mollusken, Gliederthieren und höheren Wirbelthieren treten die Geschlechtsdrüsen in Verbindung mit Canälen, die durch Knospung entweder aus dem Hautmuskelschlauch oder dem Enddarm sich entwickeln. Sie functioniren als Ausführungsgänge (bei den Lebendiggebärenden als Fruchthälter), und durch secundäre Knospung entstehen an ihnen die Eiweissdrüsen, Kittdrüsen, Schalendrüsen, Samentaschen, Vorsteherdrüsen etc.; alle diese Drüsen zeigen die gleiche concentrische Schichtung, wie die Darmdrüsen, die grösseren mit, die kleineren ohne Muskularis.

Man unterscheidet die männlichen Geschlechtsdrüsen als Hoden (testes, testiculi) von den weiblichen Eierstöcken (Ovaria). In den Epithelzellen der Hodenschläuche entwickelt sich einer oder mehrere sogenannte Samenfäden, die entweder starre Fäden darstellen oder aus einem Körper und einer langen schlagenden Geissel bestehen. Die letzteren hielt man lange Zeit für eigene Thierchen, daher der Name Samenthierchen (Spermatozoen, Spermatozoiden). Die Samenfäden werden durch Platzen der Zellhaut frei. Die Eier sind ursprünglich nichts anderes als eine losgelöste Epithelzelle des Eierstockes, die aber auf ihrem Weg durch die Ausführungsgänge mannigfache Umhüllungen (Eiweisszonen, Eischalen etc.) gewinnen, und selbst durch Vermehrung grosse Mengen von Dotterzellen produciren kann; so entstehen die grossen Eier der Reptilien und Vögel.

Bei Schnecken, Muscheln und Stachelhäutern finden sich sogenannte Zwitterdrüsen (Fig. 16); es sind Drüsenschläuche mit zweifach geschichteter Zellwand; aus den kleineren Zellen der inneren Lage entwickeln sich Samenfäden und erst wenn diese abgestossen sind,

schwellen die grösseren Zellen der äusseren Lage an und lösen sich ab als Eier. Hier und da sind die beiden Zelllagen durch eine Glashaut geschieden, und dann hat die Drüse zwei Ausführungsgänge, einen für die Eier und einen für den Samen.

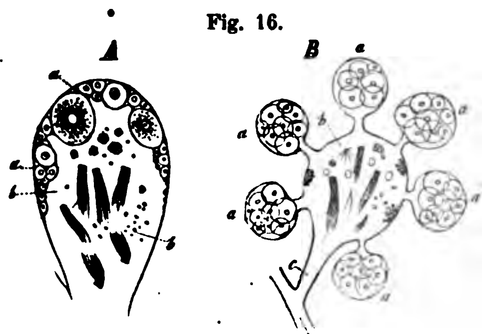


Fig. 16.

Fig. 16. Zwitterdrüsenbläschen, A von der Gartenschnecke, B von einer Nacktschnecke (Aeolidia), a Eizellschichte, b Samenfädenmassen, c Ausführungsgang (nach Gegenbaur).

2) Beim Embryo der Wirbelthiere treffen wir in der Trennungsfurche, welche jede Hälfte der Muskularis in das Rücken- und in das Bauchviertel scheidet, eine Reihe von queren Drüsenschläuchen, die in ihrer Zahl den Segmentzwischenräumen entsprechen; die Embryologen nennen sie die Wolf'schen Körper; sie münden alle in einen langen an ihrem Innenrande verlaufenden Canal, der in den Enddarm einmündet. Bei den Fischen entwickeln sie sich unter Streckung und Aufknäuelung der Canälchen zu den bleibenden Nieren. Bei den höheren Wirbelthieren verschwinden sie meist vor der Geburt und an ihrer Stelle entwickeln sich aus einer neuen, dem Perigastrium angehörigen Zellmasse die bleibenden Nieren. Jede Niere besteht aus mehreren Gruppen von büschelförmig vereinigten, in weiten Zwischenräumen und unter sehr spitzem Winkel sich theilenden Drüsenröhrchen, die durch Bindegewebe zu einem mehr oder minder compacten Ganzen vereinigt sind. An ihrem centralen Ende münden sie in trichterförmige Erweiterungen der vom Enddarm aus ihnen entgegenwachsenden Harnleiter, an ihrem peripherischen Ende liegt in ihrer Lichtung ein Gefässknäuel.

3) Eine gleichfalls dem Perigastrium angehörige Zellmasse ist der Fettkörper der Insekten. An ihm ist keinerlei concentrische Schichtung wahrzunehmen, die Zellen sitzen gedrängt überall zwischen den dort befindlichen Geweben. Erst bei der Verwandlung des Insekts spielen sie als Nahrungsvorrath eine Rolle. Die Leuchtzellen der Leuchtinsekten sitzen gleichfalls im Fettkörper und zwar am Ende eines Tracheenstämmchens.

d) Organe der Systeme.

Auch an den Systemen finden sich örtliche Zellansammlungen und Wucherungen. Am Gefässsystem sind diese Zellansammlungen eingebettet in ein Bindegewebsgerüste, das mit der Gefäss-

scheide in innigerem Zusammenhang steht. Am gewöhnlichsten sitzen sie an den Lymphgefässen und tragen den Namen Lymphdrüsen. Die Zellen bilden ein von zusammenhängenden Lücken durchbrochenes Maschenwerk, und die Lücken stehen in offener Verbindung mit der Lichtung der Lymphgefässe, so dass die Lymphe durch dieses schwammartige Netzwerk wie durch einen Filtrirapparat hindurch laufen muss. Eine eigenthümliche Drüse ist die Milz. Sie wird gebildet von Blutgefässen, deren Capillaren zu einem System von weiten unregelmässigen Maschenräumen, ähnlich einem Schwellkörper, ausgeweitet und mit einem Brei von farbigen Blutkörperchen gefüllt sind, und dann sitzen an der Wand der eintretenden Schlagaderzweige kleine Lymphdrüschen auf.

Während bei den niederen Thieren die meisten Sinneswahrnehmungen einfach vermittelt werden durch die in der Epidermis oder unter ihr liegenden Nervenendzellen, kommen bei den höheren Thieren complicirte Bildungen zu Stande, die sogenannten Sinnesorgane.

Das constanteste Organ dieser Art ist das Auge. Das wesentlichste an ihm ist, dass zu den empfindenden Nervenzellen eine Masse von schwarzem Farbstoff tritt, der die Lichtstrahlen in Wärmeschwingungen verwandelt. Bei den Würmern liegt der Farbstofffleck auf dem Kopfganglion selbst, die meisten anderen Thiere besitzen einen meist vom Kopfganglion ausgehenden besonderen Sehnerven, dessen gestreckte Nervenendzellen sich palissadenartig zu einer Sehhaut (Retina) zusammenlegen. Das Pigment liegt entweder vor der Sehhaut (so bei vielen Weichthieren) oder zwischen den Sehzellen (wie bei den Gliederthieren) oder dahinter (wie bei den Wirbelthieren). Wo die Sehhaut unmittelbar an die äusseren Bedeckungen anstösst, wie bei den Gliederthieren an die Cuticula, nimmt diese ein gefeldertes Ansehen dadurch an, dass jeder Sehzelle eine Cuticularfacette sich vorlagert. Solche Augen werden facettirte genannt oder zusammengesetzte. Der letztere Ausdruck entstammt der alten irrigen Vorstellung, als entspreche jede Facette einem vollständigen Auge, wird aber jetzt noch gebraucht im Gegensatz zu den einzeln und zerstreut liegenden Sehzellen, die sich in derselben Thierabtheilung finden. Bei den Wirbelthieren ist die Sehhaut in die Tiefe des Körpers versenkt durch die sich ihr vorlagernden lichtbrechenden Körper. Als solche amtiren bei den wirbellosen Thieren glänzend durchsichtige, linsenförmige Körperchen, welche je zwischen einer Cuticularfacette und der Sehzelle liegen und ohne Zweifel eine modificirte Epidermiszelle oder den modificirten Kern einer solchen vorstellen. Bei den Wirbelthieren treten Sehhaut, Pigment, lichtbrechende Körper und eine sie umfassende Hülle bindegewebiger Natur zu

einem kugligen, dem Sehnerven anhängenden und mittelst eines Muskeltrichters willkürlich bewegbaren Gebilde, dem sogenannten Augapfel zusammen. Eine ursprünglich kuglige Nervenendblase wird zunächst durch einen von der Seite gegen sie andringenden kolbigen Auswuchs der Epidermis napfförmig und der Auswuchs, der natürlich den zwischen ihm und der Sehblase liegenden Cutisabschnitt vor sich her treibt, erfüllt die Höhle des Napfes. Allmählig wird die Mündung des Napfes durch Weiterwachsen der Ränder enger und endlich schliesst er sich zur Blase, wobei er den Epidermiszapfen und die vorliegende Cutisplatte von ihrem Mutterboden abschneidet. Aus dem Epidermiszapfen wird nun die sogenannte Krystalllinse, wobei die Zellen derselben zu langen Faser- oder Bandzellen, den sogenannten Linsenfasern, werden. Die losgelöste Cutisplatte schwillt zu einem glasig durchsichtigen Gebilde, dem Glaskörper, an, der hinter der Linse liegt. Die Wandung des Augapfels besteht nun von aussen nach innen: 1) aus einer derben bindegewebigen Hülle, der sogenannten Sklerotica, die hinten in die Scheide des Sehnerven übergeht und bei den Vögeln (auch manchen Fischen und Reptilien) theilweise verknöchert; 2) aus einer sehr blutgefässreichen Schicht, der sogenannten Aderhaut oder Choroidea; 3) aus der Pigmentschicht, die aus vieleckigen regelmässigen Farbstoffzellen zusammengesetzt ist und 4) der Sehhaut, die aber nur in der hinteren Hälfte vollkommen entwickelt ist. — Während diese Schichten ursprünglich dicht an einander liegen, kommt es an der dem Licht zugewendeten Stelle des Augapfels auf einem umschriebenen Fleck zur Ablösung der äussersten Schicht von der nächstfolgenden, indem sich ein, ein Kugelsegment darstellender, Hohlraum, die vordere Augenkammer, zwischen sie legt; sie ist mit einer wässerigen Flüssigkeit gefüllt. Im Bereich dieser Loslösung wird die äusserste Schicht glashell durchsichtig und man belegt diese Stelle mit dem Namen Hornhaut (cornea). Die inneren Schichten bilden in ihrer Gesammtheit an der Loslösungsstelle die Iris, welche im Centrum durch Schwund des Gewebes (bei manchen Säugethieren erst nach der Geburt) ein Loch, die Pupille, erhält. In dem Gewebe der Iris finden sich kreisförmig gestellte Muskelfasern, welche durch ihre Zusammenziehung die Pupille verengern, und radial gestellte, welche sie erweitern. Ausserdem befindet sich am äusseren Umfang der Iris auf ihrer Hinterseite noch ein Muskelring (corpus ciliare), der durch seine Zusammenziehung die Wölbung der Linse vergrössert. Vor den Augapfel legt sich als eine taschenförmige Einstülpung der äusseren Haut der Bindehautsack, der entweder geschlossen, dann aber dem Augapfel gegenüber durchsichtig (z. B. bei den Schlangen), oder durch eine Lidspalte geöffnet ist. Die Augenlider sind zum Ver-

schluss mit einem Kreismuskel, behufs Oeffnung mit einem Heber des oberen Augenlides versehen. Der Bindehautsack communicirt durch den Thränencanal mit der Nasenhöhle, und bei den in der Luft lebenden Wirbelthieren entwickelt sich aus dem Epithel des Bindehautsackes eine traubige Drüse, die Thränendrüse.

Als Ohr fungiren bei den Krebsen die über den Körper zerstreuten elastischen Hörhaare, die sich sonder Zweifel um Nervenendzellen herum entwickeln und nebst ihrer Function als Hörwerkzeuge wahrscheinlich auch noch Tastempfindungen zugänglich sind. Bei den Insekten kennt man theils Büschel von Nervenendzellen, angelagert an schwingungsfähige Cuticularhäute, theils finden sich ähnliche Zellen mehr vereinzelt verschiedenen Parthien des Hautpanzers angelagert; sie sind ausgezeichnet durch einen festen Stab in ihrem Innern und man vermuthet nicht ohne Grund, dass sie Hörempfindungen vermitteln können. Bei den Weichthieren liegen im Perigastrium die Hörblasen, an die ein Nerv herantritt und die innen mit häärchentragenden Hörzellen belegt sind. Das Bläschen ist prall mit Flüssigkeit gefüllt und in dieser schwimmt ein aus Kalksalzen gebildeter, concentrisch geschichteter Hörstein.

Bei den Wirbelthieren ist das am Kopf liegende Ohr ein ebenso complicirtes Gebilde, wie das Auge. Der wesentlichste Theil desselben ist das Labyrinth; es entsteht als eine taschenförmige Einsenkung der Epidermis, die anfänglich nach aussen geöffnet ist, dann durch Abschnürung von ihrem Mutterboden getrennt und in die Tiefe des Schädels versenkt wird. Indem das sie umgebende Bindegewebe verknöchert, entsteht ein eigener Knochen, das Felsenbein, in dessen Innerem das Labyrinthbläschen gefunden wird. Zuvor bekömmt jedoch das Bläschen vier taschenförmige Aussackungen. Drei von diesen flachen sich ab und werden durch Verklebung der gegenüberliegenden Wände der Tasche in ihrem Centrum zu den sogenannten Bogengängen, wobei in der Peripherie ein kreisförmiger Canal frei bleibt. Die vierte Tasche ist bei den Fröschen sehr seicht, bei den Vögeln in einen sanft geschwungenen Cylinder ausgestreckt, bei den Säugern schneckenförmig aufgewunden und daher ihr Name Schnecke. Der wesentlichste Theil des Labyrinths ist das die Blase auskleidende, einschichtige Epithel, indem mit einem Theil seiner Zellen, die sich dann vergrössern und haar- oder stäbchenartige Auswüchse erhalten, die Fibrillen des Hörnerven sich verbinden. In dem Stammtheil der Labyrinthbläschen, dem Vorhof, liegen die Steinsäcke, häutige Säckchen (1 oder 2), gefüllt mit Hörsteinchen, in deren Wandung sich Nerven verbreiten.

Zum Labyrinth, dem wesentlichen und bei den Fischen auch

einzigen Theil des Hörorgans, treten bei den Luftthieren noch zuleitende Apparate. Da wo das Labyrinthbläschen sitzt, befindet sich beim Embryo eine Kiemenspalte und zwar zwischen Paukenunterkieferbogen und Zungenbeinbogen. Diese Spalte schliesst sich an ihrer hinteren Ecke blos durch ein dünnes Häutchen, das sogenannte Trommelfell, das aus zwei Epithelialblättern besteht, einem inneren in das Epithel der Rachenhöhle übergehenden und einem äusseren, das in Zusammenhang steht mit der Epidermis. Indem diese zwei Blätter die oberen Endstücke der zwei genannten Kiemenbogenknorpel zwischen sich fassen, gestalten sich diese Stücke zu den zwei Gehörknöchelchen Hammer und Ambos, die in der Dicke des Trommelfells liegen und durch ein drittes Knöchelchen, den Steigbügel, an das Labyrinthbläschen sich anheften (bei Reptilien und Vögeln findet sich nur ein einziges Gehörknöchelchen, die Columella). Die Epidermistasche an der Aussenseite des Trommelfells wird zum äusseren Gehörgang (der aber auch fehlen kann, so dass das Trommelfell frei zu Tage liegt), um dessen Eingang sich die Haut sammt einigen Muskelpartien und einem Knorpel als Ohrmuschel erhebt. Die Tasche an der Innenseite des Trommelfells gestaltet sich durch das Wachsthum der umliegenden Weichtheile zu einer gestielten Blase; die Blase wird Trommelhöhle genannt, der hohle Stiel, der die Höhlung derselben mit der Rachenhöhle in Verbindung setzt, ist die Ohrtrompete.

Eigene Geruchsorgane kennt man mit Gewissheit nur bei den Wirbelthieren. Sie stellen grubige Einsenkungen der äusseren Haut dar, öfter mit knöcherner Unterlage und grosser Oberflächenentwickelung (durch Fältlung), deren Epidermis dadurch zu einer Riechhaut umgestaltet ist, dass sich mit einem Theil ihrer Zellen die Endfäden eines Hirnnerven in Verbindung gesetzt haben. Bei den Fischen liegen diese Riechgruben als Blindsäcke an der Oberfläche des Kopfes, bei den Luftathmern sind sie ins Innere des Gesichtsschädels versenkt und communiciren mit dem Nasengang.

Gesonderte Geschmacksorgane kennt man nur bei einem Theil der luftathmenden Thiere, allein auch diese sind noch wenig untersucht; man weiss nur, dass auf den Papillen der Zunge ein Theil der Epithelialfläche Geschmacksfläche ist, indem ein Theil ihrer Zellen Nervenendzellen vorstellt (siehe oben Fig. 5, S. 18). Bei niederen Thieren findet man in der Haut noch mancherlei aus zusammengehäuften Nervenendzellen bestehende Nervenendorgane, die wir hier übergehen, zumal ihre Verrichtung noch dunkel ist.

Wie wir längs der Gefässe Gruppen von Zellen antrafen, die bald kleinere, bald grössere Massen von drüsiger Beschaffenheit bilden, so finden wir ähnliche Ansammlungen von Zellen längs des im Perigastrium verlaufenden Ganglienstrangs, namentlich bei den

Wirbelthieren, entweder so, dass jedem Ganglion eine solche Portion anliegt oder dass sich nur an einer Stelle eine grössere Masse findet. Diese letztere erhielt beim Menschen wegen ihrer Lage neben der Niere den Namen Nebenniere, hat aber mit der Niere lediglich nichts zu thun. Die Zellen sind in ein Bindegewebsgerüste eingelagert und ein Theil derselben setzt sich durch Ausläufer mit Nervenfäden in Verbindung. Verrichtung ganz unbekannt.

Auch die Segmente haben ihre Organe, insofern als alle die bisher geschilderten Organe sich an den Segmenten mehr oder weniger vollständig widerholen können. Am vollständigsten ist diese Wiederholung bei den Stachelhäutern und den Würmern ausgesprochen. Am unabhängigsten von den Segmenten sind die höheren Sinnesorgane.

§. 16. Das Individuum.

Individuum in dem Sinne, dass Trennung des Zusammenhangs die Möglichkeit der Fortexistenz aufhebt, giebt es nicht; dagegen streitet die Theilbarkeit der niederen Thiere, die Transplantationsversuche bei höheren Thieren etc. Man darf mithin das Wort Individuum hier nur als eine morphologische Bezeichnung auffassen. In diesem Sinn unterscheidet die Thierkunde Individuen und Individuenstöcke. In den Thierabtheilungen, bei welchen keine Stockbildung vorkommt (z. B. Gliederfüssler, Wirbelthiere) ist das Endproduct jeder Entwicklung ein Individuum im morphologischen Sinne. Bei den niederen Thieren (bes. niederen Mollusken und Coelenteraten) kann die Entwicklung in der Weise weiterschreiten, dass das fertige Individuum entweder ein zweites, drittes etc. ihm gleiches oder ähnliches an sich hervorknospen lässt, oder sich in zwei, vier, acht etc. Individuen theilt. Wenn nun diese Processe bis zur Trennung des Zusammenhangs fortschreiten, so entstehen Individuenstöcke.

Fig. 17.

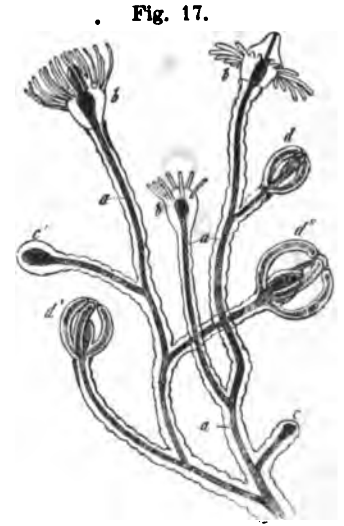


Fig. 17. Stock von Eudendrium ramosum, a Stock, b ungeschlechtliche Individuen, c solche knospend, d Quallenfrüchte (nach Gegenbaur).

Bei den durch unvollkommene Theilung entstandenen mangelt der Gegensatz zwischen Mutter- und Tochterindiviuum, die Individuen sind

einander gleich (monomorph) und mit den gleichnamigen Körperenden zusammengeheftet, das Verzweigungsgesetz dichotom. Bei den durch Knospung entstandenen Stöcken, siehe Fig. 17, besteht ein Gegensatz zwischen Mutter- und Tochterwesen; die letzteren stehen immer mit ihrem hinteren Körperende den Seitenflächen des ersteren auf und unterscheiden sich mehr oder weniger von ihm. Verzweigungsgesetz höchst mannigfaltig. Unterschiede zwischen primären, secundären, tertiären etc. Individuen. Bei dieser Form der Individuenbäume kommt sehr häufig ein beträchtlicher formeller und functioneller Unterschied zwischen den gleichwerthigen Individuen vor, den man mit dem Wort **Polymorphismus** bezeichnet. Das Aeusserste leisten in dieser Beziehung die Schwimmpolypen, die einen ähnlichen Reichthum an polymorphen Individuen aufweisen, wie die phanerogamen Pflanzen, so dass es in diesem Falle sehr schwierig ist, zwischen Organ und Individuum zu unterscheiden.

Am häufigsten ist die Individuenstockbildung bei den Cölenteraten und einzelligen Thieren, unter den Enteraten sind es die Tunicaten und Bryozooen, wenige Annulaten, allein weiter aufwärts erinnern an sie nur noch die Doppelmissgeburten.

Literatur. Für diesen Abschnitt sind als Handbücher zu empfehlen:

a) Für die mikroscopischen Verhältnisse.

Kölliker, Gewebslehre des Menschen. 5. Aufl. Leipzig, Engelmann. 1867.

v. Leydig, Histologie des Menschen und der Thiere. Frankfurt, Meidinger, Sohn und Co. 1857.

Stricker, Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere. Leipzig, W. Engelmann 1868.

Frey, Das Mikroscop und die mikroscopische Technik. Leipzig, W. Engelmann 1868.

b) Für die gröberen anatomischen Verhältnisse.

v. Siebold u. Stannius, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. Berlin, Veit u. Co.

Gegenbaur, Grundzüge der vergleichenden Anatomie. Leipzig, W. Engelmann. Zweite Auflage 1870.

Häckel, Generelle Morphologie der Organismen. Berlin, Georg Reimer. 1866.

Bronn, Morphologische Studien. Leipzig, Winter. 1848.

Jaeger, Zoologische Briefe. Wien, Braumüller. 1864 u. ff.

c) Für die Entwickelungsgeschichte existirt noch kein zusammenfassendes Handbuch. Als Einzelwerke, von denen aus man leicht sich weiter findet, zu empfehlen:

Bischoff, Entwickelungsgeschichte der Säugethiere und des Menschen. Leipzig, Voss 1842.

Remak, Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere. Berlin, Reimer 1855.

His, Untersuchungen über die ersten Anfänge des Wirbelthierleibes. Leipzig, Vogel. 1868.

Dursy, Entwickelungsgeschichte des Kopfes. Tübingen, Laupp. 1869.

III. Abschnitt.

Lehre von den thierischen Verrichtungen.

Zoophysiologie.

§. 17. Verrichtungen des Protoplasma.

Die Gesammtsumme dieser Verrichtungen nennen wir Lebenserscheinungen oder kurz „Leben". Sie bestehen in Aufnahme, Umwandlung und Absonderung von Stoffen (Stoffwechsel, vegetative Verrichtungen) und einer Aufnahme, Umwandlung und Absonderung von Bewegungen oder Kräften (Kraftwechsel oder animale Verrichtungen).

a) Stoffwechsel.

Das Protoplasma als eine hochgequollene Substanz muss gedacht werden als durchzogen von einem feinsten Cänalwerk, das durch Poren nach aussen sich öffnet und mit einer Flüssigkeit erfüllt ist, in welcher Gase und feste Stoffe gelöst sind. Ist ein solcher Körper in einem Medium, welches gleichfalls Gase oder feste Stoffe, und zwar entweder andere oder dieselben, aber in anderem Concentrationsgrade, in Lösung enthält, so kommen die Gesetze der Diffusion zur Geltung; diese lassen sich kurz so formuliren:

Zwei Flüssigkeiten (tropfbare oder gasförmige) durchdringen sich, vorausgesetzt, dass sie überhaupt mischungsfähig sind, auch ohne Vermittlung der chemischen Verwandtschaft und mechanischer Erschütterung gegenseitig so innig, dass schliesslich der ursprünglich nur von einer derselben eingenommene Raum auch von der andern erfüllt wird.

Von den bei der Diffusion möglichen Fällen kommen beim Protoplasma in Betracht:

1) Die Diffusion von Gasarten in tropfbare Flüssigkeiten — Absorption von Gasen; d. h. jede Flüssigkeit nimmt unter sonst

gleichen Verhältnissen von jedem Gase, mit dem sie in Berührung ist, ein ganz bestimmtes Volum auf. Allein dieses ist je nach der Natur des Gases oder der Flüssigkeit verschieden gross und für ein und dasselbe Paar von Gas und Flüssigkeit nimmt die absorbirte Menge mit steigender Temperatur ab, mit steigendem Drucke zu. Hat eine Flüssigkeit unter bestimmten Verhältnissen Gase absorbirt und ändert sich Druck und Temperatur derart, dass unter diesen Verhältnissen nur ein geringeres Gasquantum absorbirt werden könnte, so entweicht dieser Ueberschuss aus der tropfbaren Flüssigkeit in die darüber stehende Gasschicht — Gasaushauchung. Die Gasabsorption und Gasaushauchung von Seiten der Quellungsflüssigkeit des Protoplasmas begründet die Function der Athmung bei den in der Luft lebenden Thieren.

2) Die Diffusion tropfbarer Flüssigkeiten in Gasarten — Verdunstung; der Betrag derselben, der für ein und dasselbe Paar von Gas und Flüssigkeit unter gleichen Umständen gleich, für verschiedene Gas- und Flüssigkeitscombinationen verschieden ist, nimmt bei einer und derselben Combination mit der Temperatur zu und ab mit zunehmendem Sättigungsgrade des Gases mit Dampf. Auf dieser Diffusionsart beruht der stete Wasserverlust, den die meisten in der Luft lebenden Thiere erfahren. Er ist aber in seinem Betrag bei verschiedenen Thieren sehr verschieden, indem manche derselben geradezu hygroskopisch genannt werden müssen.

3) Die Diffusion zweier Lösungen (oder Flüssigkeiten) in einander, bis ihre chemischen Differenzen zu vollständiger Ausgleichung gelangt sind. Hierbei sind zweierlei sich kreuzende Ströme zu unterscheiden, da die Durchdringung eine gegenseitige ist. Diese zwei Ströme sind nun fast nie gleich stark; eine Differenz, die dann auffallend zu Tag tritt, wenn die zweierlei Flüssigkeiten durch eine poröse Scheidewand getrennt sind. Da nun das Protoplasma seinem Bau nach ein poröser Körper ist, so kommt bei der Diffusion zwischen seiner Quellungsflüssigkeit und den umgebenden wässerigen Lösungen dieser Unterschied der Stromstärke zur Geltung, und zwar im Allgemeinen so, dass der in das Protoplasma hineindringende Strom (endosmotischer Strom) stärker ist als der herausgehende (exosmotischer Strom). Die Summe der dabei zu Tage tretenden Erscheinungen nennt man Osmose. Sie begründet beim Protoplasma die Erscheinung der Aufsaugung oder Resorption (endosmotischer Strom), der Absonderung oder Secretion (exosmotischer Strom), und des Wachsthums, letzteres bedingt durch die grössere Stärke des endosmotischen Stromes.

Da die genannten Diffusionserscheinungen ein wesentlicher Theil der sogenannten Lebenserscheinungen des Protoplasmas sind, so hängt von der Fortdauer derselben das Leben überhaupt ab. Bedingungen der Fortdauer sind: das Protoplasma muss sich in

einem Medium (Ernährungsflüssigkeit) befinden, welches im Stande ist, die Diffusionserscheinungen mit seiner Quellungsflüssigkeit zu unterhalten. Diese Eigenschaft besitzt nur einerlei Art von Flüssigkeit: Wasser, in welchem bestimmte feste Stoffe (Nährstoffe) und ein bestimmtes Gas, nämlich Sauerstoff, in Lösung sich befinden. Mangelt diese Flüssigkeit, so sind die Lebenserscheinungen des Protoplasmas entweder dauernd oder vorübergehend sistirt, ersteren Fall bezeichnen wir als Tod, letzteren als latentes Leben (Fälle von latentem Leben bieten eingetrocknete Infusorien, Räderthiere, Essigälchen etc., der Ruhezustand der Eier und in gewissem Sinne auch der Winterschlaf).

Die allgemeine Ernährungsflüssigkeit ist das Wasser, das in seinem natürlichen Vorkommen als Meer- und Süsswasser stets eine wässrige Lösung von festen Stoffen und Sauerstoff ist. Im Wasser ist also die natürliche, ursprüngliche Heimath des Protoplasmas. Seine Existenz in der Luft ist nur dann möglich, wenn das Thier im Stande ist, durch Aufnahme von Wasser und festen Stoffen in seinem Inneren eine Ernährungsflüssigkeit von der erforderlichen Beschaffenheit herzustellen. Die festen Stoffe müssen, sofern sie nicht schon im Wasser gelöst sich vorfinden, aufgelöst werden (Verdauung); etwa unlösliche Reste werden wieder ausgestossen (Excretion). Desshalb treffen wir in der Luft nur Thiere, die mit einer Nahrungshöhle versehen sind (andere, wie Infusorien, können in der Luft nur ein latentes Leben führen).

Da der osmotische Prozess nur dann besteht, wenn die zwei in Rede stehenden Flüssigkeiten (Quellungsflüssigkeit des Protoplasmas und Ernährungsflüssigkeit) chemisch oder im Concentrationsgrade verschieden sind, und sofort aufhört, wenn Uebereinstimmung im Concentrationsgrad und chemischer Beschaffenheit eingetreten ist, so ist eine zweite Bedingung für die Unterhaltung des Protoplasmas Stoffwechsel, sodass nie die genannte, von dem osmotischen Prozess angestrebte Gleichheit erreicht wird. Dies ist nur dann der Fall, wenn der eindringende endosmotische Strom Stoffe enthält, welche in der Quellungsflüssigkeit des Protoplasmas angelangt, entweder ausgefällt oder chemisch zersetzt werden. Dies geschieht beim Protoplasma durch diejenige Eigenschaft desselben, welche die Grundlage seiner animalen Verrichtungen ist, nämlich durch seine elektrische Eigenschaft, und begründet den Chemismus des Protoplasmas (Stoffumsatz). Seiner Natur nach ist dieser Chemismus beim thierischen Protoplasma ein Oxydationsprozess, und seine Fortdauer beruht deshalb auf der ununterbrochenen Zufuhr von Sauerstoff und solchen Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen, welche einer Oxydation fähig sind. Als solche können functioniren alle die Stoffe, welche im ersten Abschnitt unter der Rubrik Gewebsbildner und Brennstoffe aufgeführt sind; dieselben verdienen also vom physio-

logischen Standpunkt aus den Namen Nährstoffe im engeren Sinn. Nährstoffe im weiteren Sinn sind die früher sogenannten Quellungsstoffe, weil von ihrer Anwesenheit das Tempo der Osmose abhängt, und die incrustirenden Substanzen, insofern sie den mechanischen Zusammenhalt des Protoplasmas und seinen Schutz gegen störende äussere Einflüsse, bald mechanischer, bald chemischer Natur, bedingen.

Da die Fortdauer der Verrichtungen des Protoplasmas von der Fortdauer der Osmose abhängt, so ist nicht nur der Gleichgewichtszustand zwischen Quellungsflüssigkeit und Ernährungsflüssigkeit gleichbedeutend mit Tod, sondern auch der Fall des osmotischen Prozesses, bei welchem der endosmotische, d. h. der Ernährungsstrom schwächer ist als der exosmotische, d. h. Absonderungsstrom; denn selbstverständlich führte dies zur Erschöpfung des Protoplasmas und, da ein wesentlicher Theil der festen Stoffe des Protoplasmas nur so lange fest bleibt, als die Quellungsflüssigkeit einen bestimmten Concentrationsgrad besitzt, auch zur Lösung und Wegführung wesentlicher Theile des Protoplasmas, also zur schliesslichen Zerstörung desselben. Da Stillstand und Ueberwiegen des Absonderungsstromes ausgeschlossen, so bleibt nur das Gegentheil, das Ueberwiegen des endosmotischen Stroms als einzige Möglichkeit der Fortexistenz des Protoplasmas und seiner Verrichtungen. Die allgemeinste Bedingung, unter welcher ein solches Ueberwiegen der Endosmose stattfindet, ist die, dass die Quellungsflüssigkeit des Protoplasmas eine gesättigtere Lösung ist, als die Ernährungsflüssigkeit. Dies Erforderniss wird auf zweierlei Weise befriedigt: Einmal — und zwar spielt diese Art bei den im Wasser lebenden Thieren die Hauptrolle — dadurch, dass das Thier feste Stoffe in seinen Körper aufnimmt und dieselben dort entweder einfach löst, oder unter mehr oder weniger weit gehender chemischer Umsetzung auflöst (Verdauung), und so den Concentrationsgrad seiner Quellungsflüssigkeit erhöht. Fürs zweite: bei den in der Luft lebenden Thieren wird die Concentrationsdifferenz dadurch erhalten, dass die Ernährungsflüssigkeit durch gegesteigerte Wasserzufuhr verdünnt, und andererseits die Quellungsflüssigkeit durch die an der Körper- (und Athmungs-)Oberfläche stets stattfindende Verdunstung concentrirt erhalten wird.

Das Ergebniss des Ueberwiegens der Endosmose über die Exosmose ist, wie schon erwähnt, eine Volumszunahme des Protoplasmas, die natürlich stetig fortdauern muss, so lange die Lebenserscheinungen anhalten. Die aufgenommenen Stoffe werden dabei entweder ohne weitere chemische Veränderung im Innern des Protoplasmas deponirt (Stoffaufspeicherung), oder sie werden chemisch so umgeändert, dass sie den wesentlichen Bestandtheilen des Protoplasmas gleich werden (Assimilation). Die

Lebhaftigkeit des Wachsthums hängt ab, einmal von der relativen Nahrungsmenge, welche in der gegebenen Zeit in das Protoplasma eindringt, dann von dem Verhältniss zwischen dieser Nahrungsmenge und der Menge des gleichzeitig eindringenden Sauerstoffes. Da diese um so geringer, je wärmer d. h. verdünnter die Luft und je wärmer das Wasser ist, so steigt die Wachsthumsintensität mit der Temperatur der umgebenden Medien, was aber darin seine Grenze findet, dass bei einer Ueberschreitung einer Temperatur von 45° Celsius wesentliche Bestandtheile des Protoplasmas (gewisse Albuminate) gerinnen. Endlich steigert sich die Wachsthumsintensität mit der Lebhaftigkeit der animalen Verrichtungen des Protoplasmas, aber auch dies findet seine Grenze, wenn der zum Unterhalt der animalen Functionen nöthige Stoffverbrauch nicht mehr gedeckt werden kann durch Steigerung der Stoffzufuhr.

Das Endergebniss der Volumszunahme des Protoplasmas ist bald früher, bald später eine Trennung des so entstandenen Körpers in zwei oder mehrere Stücke (Theilung des Protoplasmas). Die chemisch physikalischen Vorgänge, welche die Theilung veranlassen, sind noch unermittelt. Die Folge des Prozesses ist die Individualisirung des Protoplasmas und die Vermehrung dieser Individuen.

b). Kräftewechsel.

α) Allgemeines.

Zur Orientirung sei folgendes vorausgeschickt. Unter dem Wort Kraft versteht man zunächst die Ursache der Bewegungserscheinungen, im weiteren Sinne aber auch diese selbst; im letzteren weiteren Sinn ist hier das Wort gebraucht. In diesem Sinn unterscheidet man dann an den Kräften zwei Zustände, den ruhenden oder latenten und den bewegten oder lebendigen Zustand. Wir handeln zuerst von den lebendigen Kräften. Sie äussern sich als Bewegungen, die in ihrer Stärke gemessen werden durch das Produkt aus der bewegten Masse und der Geschwindigkeit*); so bestimmt man z. B. die mechanische Kraft (Hebekraft, Wurfkraft, Triebkraft etc.), indem man angiebt, wie hoch sie eine bestimmte Last, z. B. ein Kilogramm in der Sekunde zu heben vermag; man sagt z. B. eine Kraft von 6 Kilogrammmeter, d. h. eine Kraft, welche in einer Sekunde ein Gewicht von 6 Kilogramm einen Meter hoch, oder, was dasselbe ist, ein Gewicht von

*) Genauer das halbe Produkt aus der Masse und dem Quadrat der Geschwindigkeit.

einem Kilogramm auf 6 Meter Höhe hebt. Die Physik unterscheidet nun folgende Bewegungsarten:

1) mechanische Bewegungen, welche ein Körper im Ganzen im Raume ausführt, z. B. Bewegung einer abgeschossenen Kugel, eines sich drehenden Rades, eines fallenden Körpers,

2) molekulare Bewegungen verschiedener Art, welchen das gemeinsam ist, dass der Körper im Ganzen seine Stellung im Raum nicht verändert, sondern nur seine einzelnen Theilchen in einer gewissen Bewegung sich befinden. Zur Erklärung dieser Bewegungen stellt man einmal die Hypothese auf: jeder Körper bestehe aus zwei ganz verschiedenen Elementen, einmal aus wägbarer Materie und dann aus unwägbarem elastischen Aether, demselben muthmasslichen Stoff, der den Weltenraum erfüllt. Diese beiderlei Stoffe können sich in zweierlei Weise bewegen. Entweder so, dass die einzelnen Theilchen (die sogenannten Moleküle) in schichtweise übereinstimmender, regelmässiger Hinundherschwingung begriffen sind, eine Bewegung, die sich wellenartig fortpflanzt. Sind es wägbare Theile, die solche Schwingungen ausführen, so nennen wir sie Schallschwingungen, von denen wir aber als Schall nur einen Theil empfinden. Schwingen dagegen Aethertheilchen in dieser Weise, so erhalten wir je nach der Schwingungszahl verschiedene Empfindungen. Erfolgen nämlich die Schwingungen rascher als 450 Billionenmal in der Sekunde, so entsteht die Empfindung des Lichtes; ist die Schwingungszahl aber kleiner, so empfinden wir „strahlende Wärme“. Die zweite molekulare Bewegungsart ist die, bei welcher die Theilchen nicht schichtweise regelmässig hin- und herschwingen, sondern in einer, unregelmässig nach allen Richtungen des Raums, aber nicht gleichzeitig erfolgenden, Oscillation begriffen sind. Dabei hat man folgendes zu unterscheiden: einmal eine Hinundherbewegung des ganzen Moleküls um einen bestimmten oder labilen Schwerpunkt (gleich der Bewegung der Erde um die Sonne), dann eine Rotation des Moleküls um seine eigene Axe (gleich der Drehung der Erde um sich selbst). Diese letzteren unregelmässigen Bewegungsarten empfinden wir beim Berühren eines Körpers gleichfalls als Wärme, die man im Unterschied von der strahlenden Wärme die „geleitete“ nennt. Je heftiger diese Bewegung, desto wärmer ist der Körper und man nimmt an, dass sie vollständig erst dann aufhören würde, wenn die Temperatur eines Körpers 273° unter seinen Gefrierpunkt herabsinkt. Von der Art dieser Bewegungen hängt nun auch der Aggregatzustand eines Körpers ab, was man sich so vorstellt: Bewegen sich die Moleküle um einen feststehenden Schwerpunkt in geschlossenen (wahrscheinlich elliptischen) Bahnen, so haben wir den festen Aggregatzustand; wird dagegen der Schwerpunkt, um den sich das Molekül dreht, labil, d. h. wechselt er

stetig seinen Platz im Raume, so entsteht der flüssige Aggregatzustand. Bewegen sich endlich die Moleküle nicht mehr in geschlossenen Bahnen wie ein Planet, sondern in offenen (parabolischen oder hyperbolischen) wie viele Kometen, so resultirt der gasförmige Zustand, in welchem der Stoff ein unbegrenztes Ausdehnungsbestreben besitzt.

3) Intramolekulare oder Atombewegungen. Bekanntlich nimmt man an, jeder zusammengesetzte Stoff (d. h. ein solcher, der kein Element ist) bestehe einmal aus kleinsten gleichartigen Theilchen, den sogenannten Molekülen, und jedes dieser Moleküle sei ein Compositum aus einer bestimmten Anzahl von ungleichartigen Theilchen, den Atomen derjenigen Elemente, aus welchen der Stoff zusammengesetzt ist, z. B. jedes Wassermolekül sei aufgebaut aus einem Sauerstoffatom und zwei Wasserstoffatomen. Ausser den sub 2 geschilderten Bewegungen des Moleküls im Ganzen, bewegen sich nun auch die Atome des Moleküls gegen einander und zwar in geschlossenen Bahnen, so lange das Molekül als solches besteht; erreicht dagegen, was bei steigender Wärme geschieht, die Bewegung eine so grosse Heftigkeit, dass die Bahnen der Atome hyperbolisch werden, dann fahren sie aus einander und das Molekül hat aufgehört zu existiren. Diesen Moment nennt man die Dissociation oder Auflösung der chemischen Verbindung. Auf die Frage, welche Art von Empfindung diese Atombewegungen bei uns erregen, kann man nur eine vermuthungsweise Antwort geben, nämlich die: dass wahrscheinlich die Geschmacks- und Geruchseindrücke von ihnen herrühren.

4) Zwei Sorten für uns noch ganz räthselhafter Bewegungen, elektrische und magnetische.

Alle diese Bewegungen denkt man sich nun hervorgerufen durch sogenannte „Centralkräfte“, d. h. Anziehungen, welche die Stoffe auf einander ausüben in der Richtung einer ihre Mittelpunkte mit einander verbindenden geraden Linie (ob es auch abstossende Centralkräfte giebt, wird noch bestritten). Diejenige anziehende Centralkraft, welche in jeder Distanz wirkt, ist die Schwerkraft, die, welche nur in kleinster Distanz auftritt, chemische Kraft oder Affinitätskraft. Hindert nun nichts die im Anziehungsverhältniss zu einander stehenden Stoffe diesem Zug zu folgen, so bewegen sie sich gegeneinander bis zur Berührung (lebender Bewegung). Waltet aber ein Hinderniss für ihre Vereinigung ob, so äussert sich diese Anziehung als latente Kraft oder Spannkraft, oder wie man sich auch ausdrückt „verfügbare Arbeit“; z. B. hat man einen Stein von dem ihn anziehenden Erdmittelpunkt durch Hebung entfernt, und verhindert ihn, diesem Zug zu folgen, so äussert sich diese Anziehung als ein bestimmter Druck auf das Hinderniss als Druck-

kraft, von einer Bewegung ist aber nichts zu sehen, dennoch besitzt dieser Stein verfügbare Bewegung, denn sobald wir ihn nicht mehr unterstützen, setzt er sich in Bewegung und fällt zur Erde. Ebenso ist es mit der chemischen Kraft, mit der z. B. Wasserstoff und Sauerstoff sich gegenseitig anziehen. So lange sie verhindert werden, dieser Anziehung zu folgen, nehmen wir keine Bewegung wahr, es besteht nur eine chemische Spannkraft, die sich erst dann in lebendige Kraft umsetzt, wenn das Hinderniss beseitigt ist; dann stürzen die Atome mit einer der chemischen Spannkraft entsprechenden Heftigkeit gegeneinander, bis sie aufeinander geprallt sind.

Der berühmte Physiker Mayer hat zuerst den Satz ausgesprochen, dass alle diese Bewegungsarten, die lebendigen sowohl als die latenten Spannkräfte, in mathematisch genau sich gleichbleibenden Verhältnissen sich in einander umwandeln können, d. h. dass z. B. eine mechanische Bewegung von bestimmter Intensität unter gewissen Verhältnissen scheinbar verschwindet, in Wahrheit aber sich nur umwandelt in eine molekulare Bewegung von bestimmter Intensität oder in eine intramolekulare etc. und umgekehrt. Zuerst und am genauesten wurde dieses Umwandlungsverhältniss bestimmt zwischen mechanischer Bewegung und der Wärme. Die Intensität der letzteren misst man in der Weise, dass man als „Wärmeeinheit" diejenige Wärmemenge ansieht, welche nothwendig ist, einen Kubikfuss destillirten Wassers von 0 Grad auf 1 Grad zu erwärmen. Jetzt hat man berechnet, dass diese Wärmemenge genau einer mechanischen Bewegung von 0,424 Kilogrammmeter entspricht. Diese Ziffer nennt man das **mechanische Aequivalent der Wärme**.

Zum Verständniss der Umwandlung diene folgendes Beispiel: Ein Körper, welcher mit der Intensität von 424 Kilogrammmeter sich bewegt, z. B. ein Dampfhammer, hört in dem Moment seines Auffallensauf den Ambos auf, sich zu bewegen, in demselben Augenblick entsteht aber eine Erwärmung von Hammer und Ambos von einer Intensität = 1000 Wärmeeinheiten. Die mechanische Bewegung ist übergegangen in eine molekulare. Die Umwandlung kann aber auch eine nur theilweise sein. Versetzt man beim Holzschneiden der Säge einen Stoss von 0,848 Kilogrammmeter Stärke und wird durch den Widerstand, den das Sägeblatt im Holz findet, diese Geschwindigkeit auf die Hälfte herabgemindert, d. h. auf 0,424 Kilogrammmeter, so erscheinen die verloren gegangenen 0,424 Kilogrammmeter mechanischer Bewegung in Gestalt einer Erwärmung des Sägeblattes und Holzes im Betrag von einer Wärmeeinheit. Das umgekehrte Verhältniss findet statt bei einer Dampfmaschine Hier erzeugt man unter dem Kessel fortwährend Wärme; steht die Maschine still, so steigt die Temperatur des Kessels

stetig, bis er zerspringt; lässt man aber die Maschine arbeiten, so bleibt bei gleicher Feuerung die Temperatur des Kessels constant, weil jeder neue Wärmezuschuss sich in mechanische Bewegung verwandelt und natürlich dann nicht mehr als Wärme existirt.

Ganz dasselbe Verhältniss besteht zwischen Licht und Wärme; trifft ein Lichtstrahl auf einen Körper, so kann zweierlei geschehen: entweder wird er zurückgeworfen (ganz allerdings nie), in diesem Fall leuchtet der Körper und erwärmt sich nicht; oder er wird absorbirt, d. h. in Wärme verwandelt, dann verschwindet das Licht, der Körper ist dunkel und erwärmt sich. Das erklärt, warum dunkle Körper im Sonnenlicht schneller und stärker sich erwärmen als weisse, rauhe stärker als polirte etc. Ein anderes Beispiel ist: je stärker eine Flamme leuchtet, um so weniger warm ist sie und umgekehrt, weil Licht nur auf Kosten der Wärme entsteht. Das mechanische Aequivalent des Lichtes ist noch nicht genau ermittelt, da man keine passende Methode hat, die Lichtstärke zu messen, doch hat man z. B. festgestellt: wenn die Sonnenstrahlen eine Minute lang auf einen Quadratdecimeter absorbirender, irdischer Oberfläche fallen, so werden ungefähr 0,4 Wärmeeinheiten erzeugt.

Die Umwandlung von Atombewegung in molekulare und umgekehrt demonstriren die Erscheinungen bei den chemischen Zerlegungen und Verbindungen. Wenn die Atome eines Moleküls, z. B. von Wasser, auseinander fahren, d. h. das Wasser sich spaltet in Wasserstoff und Sauerstoff, so verschwindet Wärme; umgekehrt, wenn Wasserstoff und Sauerstoff sich vereinigen, dann tritt eine heftige Molekularbewegung in Gestalt von Wärme oder Licht und Wärme auf; diese letztere Wärmemenge hat man namentlich für die wichtigste Sorte von Atomverbindung, nämlich die mit Sauerstoff (Oxydation), gemessen und Verbrennungswärme genannt, und so ist jetzt auch das mechanische Aequivalent für diese Atombewegung ermittelt, indem man angiebt, wie viel Wärmeeinheiten 1 Gramm eines Stoffes bei seiner Verbrennung erzeugt.

Die wichtigsten Zahlen sind folgende:

Verbrennungswärme des freien Kohlenstoffs	=	8080	Wärmeeinh.
„ „ gebundenen „	=	9600	„
„ „ Wasserstoffs	=	34,462	„

Für die zusammengesetzten Nahrungsmittel (d. h. Brennstoffe) des Thierkörpers sind folgende Zahlen gefunden worden:

Verbrennungswärme des Protein	=	4836
„ „ Fleisches	=	5430
„ „ Stärkemehls	=	3544
„ „ Fettes	=	9774

Anzumerken ist übrigens, dass diese Zahlen nicht fehlerfrei sind.

Zum Verständniss des umgekehrten Verhältnisses muss noch gesagt werden, dass zur Befreiung eines Stoffes von seinem Sauerstoff (d. h. zu seiner Reduction) ebenso viele lebendige Kräfte aufgewendet werden müssen, als bei seiner Verbindung mit Sauerstoff (d. h. seiner Oxydation), erzeugt werden. Wenn z. B. die Verbrennung (Oxydation) von einem Gramm Kohlenstoff zu Kohlensäure 8080 Wärmeeinheiten erzeugt, so verlangt die Abscheidung von einem Gramm Kohlenstoff aus der Kohlensäure (Reduction) einen Kraftverbrauch von 8080 Wärmeeinheiten.

Die Beziehungen zwischen der vierten Bewegungsart, der elektrisch-magnetischen, und den übrigen, erläutert jede elektrische Batterie. Nimmt man unter gewöhnlichen Verhältnissen die Oxydation eines Metalles durch Säuren vor, so verwandelt sich die Atombewegung in eine molekulare, indem sich die Flüssigkeiten erwärmen. In einer galvanischen Batterie bleibt diese Erwärmung aus, statt dessen erscheint eine elektrische Bewegung von einer bestimmten Stärke, und diese kann wieder umgewandelt werden in Atombewegung, indem wir bekanntlich auf galvanischem Wege Metalle reduziren und, was dasselbe ist, Wasser in seine Atome zerlegen können. In Bezug auf weitere Umwandlungen muss auf die Lehrbücher der Physik verwiesen werden und auf: I. R. Mayer, Die Mechanik der Wärme. Stuttgart 1867. Fick, Die Naturkräfte in ihrer Wechselbeziehung. Würzburg 1869. Fick, medicinische Physik, 2. Auflage. Braunschweig 1866.

Ueber die Ursache, welche die Umwandlung einer Bewegungsart in eine andere verschuldet, lässt sich kurz sagen: jedes Hinderniss, welches sich der Fortdauer einer bestimmten Bewegungsart entgegensetzt, zwingt sie, sich in eine andere Bewegungsart umzusetzen, z. B. wenn die mechanische Bewegung eines fallenden Steines aufgehalten wird, so verwandelt sie sich in Wärme. Werden die Moleküle des heissen Wasserdampfes verhindert, auf ihren hyperbolischen Bahnen ins Unendliche zu fliegen, so entsteht Triebkraft (mechanische Bewegung). Trifft Lichtbewegung auf einen Körper, der ihr ein Hinderniss entgegensetzt, so erwärmt er sich etc. Endlich kann man sagen: Eine Bewegungsart wird dann in ihrer Fortdauer behindert, und in Folge dessen in eine andere umgewandelt, wenn sie aus einem Medium in ein anderes übergeht, z. B. die geleitete Wärme eines erhitzten Körpers verwandelt sich in strahlende Wärme, wenn sie von den materiellen Theilchen übergeht in die Aethertheilchen. Lichtbewegung (oder strahlende Wärme, die ja im Grund genommen ein und dasselbe und nur durch die Schwingungszahl verschieden sind) verwandelt sich in geleitete Wärme, wenn die Bewegung aus dem Aether übergeht in die Materie. Wenn in einer galvanischen Zelle Atombewegung aus der Flüssigkeit in die metallischen Leitungsdrähte übergeht,

so entsteht elektrische Bewegung, und wenn diese wieder übergeht aus dem Metall in das Wasser, so verwandelt sie sich wieder in die Bewegung der auseinander fahrenden Wasserstoff- und Sauerstoffatome. Wenn die stossende Molekularbewegung des heissen Wasserdampfes in den Metallkolben der Maschine übergeht, so verwandelt sie sich in mechanische Bewegung etc.

Die hier erörterten Erscheinungen fasst man zusammen unter der Bezeichnung „Kräftewechsel", und wie für den Stoffwechsel das Gesetz von der Unzerstörbarkeit der Materie gilt, so hier das Gesetz von der Erhaltung, d. h. Unzerstörbarkeit der Kraft, d. h. keine Bewegung kann verloren gehen, und wo dies scheinbar der Fall ist, liegt nur die Umwandlung einer Bewegungsart in die andere oder in Spannkraft vor.

β) Kräftewechsel im Protoplasma.

Dieser Stoff nimmt einmal Spannkräfte in sich auf, indem er oxydable Verbindungen als sogenannte Nahrungsmittel und zugleich den zu der Oxydation erforderlichen Sauerstoff auf endosmotischem Wege in seine Zwischenräume eindringen lässt; ausserdem ist das Protoplasma selbst aus oxydabeln Stoffen zusammengesetzt, besitzt also kraft dieser Eigenschaft bereits Spannkräfte.

Fürs zweite wird das Protoplasma von den verschiedenen lebendigen Kräften getroffen, und zeigt ein bestimmtes Verhalten gegen dieselben: es pflanzt diese Bewegungen durch seine Masse nicht einfach fort, sondern unter entsprechenden Umwandlungen. Wie man nun die mit Spannkräften geladenen, ins Protoplasma eindringenden Stoffe als Nahrungsmittel bezeichnet, so nennt man die lebendigen Kräfte, Licht, Wärme, Elektricität, Magnetismus, Schall, Stoss, Druck und chemische Kraft, in ihren Beziehungen zum Protoplasma Reize.

In Bezug auf die Spannkräfte haben wir es bei dem thierischen Protoplasma wahrscheinlich nur mit einerlei Verhalten zu thun, nämlich dem Freiwerden derselben, d. h. ihrer Umwandlung in lebendige Kraft. Bei dem pflanzlichen Protoplasma kommt auch der entgegengesetzte Process, das Bilden von Spannkräften durch Reduction von Kohlensäure und Wasser in Betracht. Bedingung zu letzterem ist: Anwesenheit des Pflanzengrüns (Chlorophylls) im Protoplasma und Einwirkung einer bestimmten lebendigen Kraft, nämlich des Lichtes (nicht blos des Sonnenlichtes, sondern jeder intensiven Lichtquelle). Fehlt eine dieser Bedingungen oder beide, so verhält sich das Protoplasma der Pflanzen gleich dem der Thiere. Das Freiwerden der Spannkräfte im thierischen Protoplasma ist ein allmähliges, und nimmt nur unter besonderen Umständen einen explosiven Charakter an. Was die Form

der Umwandlung betrifft, so können im Protoplasma alle Formen bewegter Kraft, mechanische und molekulare Atombewegungen und endlich elektrische, entstehen und immer entstehen mehrere zugleich: die allgemeinste Form, in der lebendige Kraft im Organismus auftritt, ist die Wärme. Früher nahm man an, dass diese thierische Wärme noch andere Quellen habe, als die Oxydation der Nahrungsmittel, allein exacte Versuche haben eine so grosse ziffermässige Uebereinstimmung ergeben zwischen der von einem bestimmten Thiere gebildeten, direct gemessenen Wärme und derjenigen Wärmemenge, welche man erhält, wenn man dieselbe Nährstoffmenge ausserhalb des Körpers verbrennt, dass diese frühere Anschauung nicht mehr haltbar ist. Die einzige Quelle der thierischen Wärme ist die Oxydation der Nahrungsmittel und die oben gegebene Tabelle über die Verbrennungswärme der wichtigsten Nährstoffe giebt auch die Werthe derselben für die Erzeugung thierischer Wärme, d. h. die Verbrennung von einem Gramm Fett zu Kohlensäure und Wasser liefert immer 9774 Wärmeeinheiten, mag sie innerhalb oder ausserhalb des Protoplasmas erfolgen.

Die Intensität der inneren Wärmeproduktion ist abhängig von dem Verhältniss zwischen Sauerstoff und Nahrungsmittel — je mehr Sauerstoff, desto stärker; dann von der Menge des in der Zeiteinheit zur Oxydation gelangenden Nahrungsmaterials; dann davon, ob das Protoplasma reich an Proteinstoffen ist oder nicht, je reicher desto intensiver die Oxydation; dann davon, ob das Protoplasma im ruhenden oder gereizten Zustand sich befindet (wovon später), und endlich von noch nicht näher ermittelten chemischen und physikalischen Qualitäten des Protoplasmas.

Diese innerliche Wärmebildung ist die Ursache. dass das Protoplasma immer eine bestimmte Eigenwärme hat: das Produkt aus den Wärmeverlusten, denen es ausgesetzt ist, und der Menge der im Innern desselben aus chemischen Spannkräften erzeugten Wärmeeinheiten. Unter den meisten Verhältnissen ist die Temperatur des Protoplasmas höher als seine Umgebung und nur dann niederer, wenn an seiner Oberfläche Wasser so rasch in Dampfform übergeht, dass die im Innern gebildete Wärme nicht ausreicht, den dadurch bedingten Wärmeverlust (550 Wärmeeinheiten für jedes Gramm Wasser) zu decken. Unter gleichen Verhältnissen ist die Eigenwärme des Protoplasmas eine constante, schwankt aber mit Aenderung der ersteren. Bei niederen Organismen finden diese Schwankungen in weiten Grenzen statt, bei höheren Organismen dagegen nur in engen Grenzen, weil sogenannte Wärmeregulatoren vorhanden sind: z B. kalte Luft enthält, weil sie condensirter ist als warme, mehr Sauerstoff; damit steigt die Intensität des thierischen Verbrennungsprocesses,

mithin die Wärmeproduction, was einen Ersatz für den in kalter Luft stärkeren Wärmeverlust bildet; das umgekehrte tritt ein bei warmer Luft. Steigt dagegen primär die Intensität des Verbrennungsprocesses im Innern des Körpers, so wird durch erhöhte Athemfrequenz und Schweissbildung dem Protoplasma mehr Wärme entzogen, und die sonst unausbleibliche Temperatursteigerung tritt nicht oder in viel geringerem Maasse ein. Zieht man aus diesen Schwankungen des Wärmehaushaltes die Mittelwerthe, so erhält man eine bestimmte Normaltemperatur, die z. B. beim Menschen 37,5 ° Cels. beträgt, bei den sogenannten kaltblütigen Thieren ist sie dagegen viel geringer.

Die zweite Bewegungsform im Protoplasma ist elektrische Bewegung, thierische Elektricität. Die Quelle derselben sind wohl der Hauptsache nach ebenfalls die bei der Oxydation der Nahrungsmittel verfügbar werdenden Atombewegungen.

Bis jetzt sind die Untersuchungen über die thierische Elektricität nur an zwei Arten thierischen Protoplasmas, nämlich dem Inhalt der Nervenfaser und dem der Muskelfaser in vollständigerer Weise angestellt worden, und nur wenige Beobachtungen an anderen Arten gestatten, die hier geförderten Befunde auf das Protoplasma überhaupt anzuwenden. Sie lassen sich kurz so zusammenfassen: das Protoplasma besitzt im Wesentlichen den Bau einer galvanischen Batterie, d. h. es besteht aus (mindestens) zwei chemisch verschiedenen festen (oder fest-weichen) Stoffen und einer Quellungsflüssigkeit. Alles weist darauf hin, dass den ersteren die Rolle von Elektromotoren, der letzteren die der erregenden Flüssigkeit zukommt. Genau so wie in jeder galvanischen Batterie die bei der Metalloxydation frei werdenden chemischen Kräfte sich in elektrische Bewegung umwandeln, so scheint dies auch im Protoplasma zu sein, in dem dort fortwährend, selbst im kleinsten der Untersuchung zugänglichen Abschnitte elektrische Strömchen kreisen, deren Richtung im Protoplasma von Muskel und Nerv darauf hinweist, dass an einem cylindrischen Stücke im ungereizten Zustand die Oberfläche sich stets positiv verhält, der Querschnitt dagegen negativ. Dieser Zustand kann aber dahin abgeändert werden, dass der elektrische Gegensatz zwischen Oberfläche und Querschnitt verschwindet und sich ein solcher zwischen den beiden Querschnitten eines cylindrischen Stückes einstellt, d. h. der eine Querschnitt ist positiv, der andere negativ. Diesen Zustand nennt man Elektrotonus (siehe unten).

Die dritte Bewegungsform, die innerhalb des Protoplasmas auftritt, ist mechanische Bewegung. Sie äussert sich darin, dass ein Protoplasmastückchen seine Dimensionen ändert und zwar so: während einer seiner Durchmesser sich vergrössert, werden die darauf senkrecht stehenden kürzer und umgekehrt. Dabei

sieht man im Innern beim undifferenzirten Protoplasma eine Körnchenströmung in der Richtung des vergrösserten Durchmessers. Das Auftreten dieser mechanischen Bewegung ist verbunden mit einer Abnahme der elektrischen Strömungen. Diese Fähigkeit des Protoplasmas nennt man Contraktilität. Beim undifferenzirten Protoplasma können die Durchmesserveränderungen nach allen Richtungen des Raumes erfolgen und zwar nach vielen Richtungen zugleich; der gestaltliche Effect wird Scheinfüsschenbildung (Pseudopodienbildung) genannt, weil in der Richtung des sich vergrössernden Durchmessers durch das Strömen der Masse nach ihr hin zapfen- bis fadenartige öfters wieder verästelte Fortsätze hervorgetrieben werden, die man mit Füsschen verglichen hat. Beim differenzirten Protoplasma fehlt entweder die mechanische Bewegung ganz (Nerv) oder sie erfolgt nur nach stets feststehenden Richtungen (Muskelprotoplasma). Diese mechanischen Bewegungen scheinen einer Umsetzung elektrischer Bewegungen ihre Entstehung zu verdanken, nicht einer Umsetzung von Wärme, sind also nicht thermisch-dynamische, wie die Bewegungen einer Dampfmaschine, sondern elektrisch-dynamische.

Die vierte Bewegungsform, die im Protoplasma aber nur in seltenen Fällen und unter noch nicht ermittelten Umständen auftreten kann, ist Lichtbewegung (Glühwürmer, Meerleuchten etc.)

Dass endlich, fünftens, jene Atombewegungen, welche die chemischen Kräfte vorstellen, stets im Protoplasma in Thätigkeit sind, geht aus allem bisherigen hervor, sie kommen in so fern in Betracht, als sie bei der Oxydation der Nährstoffe stets als solche, d. h. als chemische Kräfte, verschwinden, indem sie sich in die andern erwähnten Bewegungsformen umsetzen.

Oben wurde gesagt, dass das Protoplasma nicht nur in Beziehung tritt zu den in den oxydabeln Nahrungsmittel aufgespeicherten Spannkräften, sondern auch zu den lebendigen Bewegungen, die gegen dasselbe andringen. Hier gilt nun das Gesetz von der Umwandlung der Bewegungen, wenn sie in ein anderes Medium eindringen. Die sich vollziehende Umwandlung besteht in einer Veränderung der elektrischen Erscheinungen des Protoplasmas, für deren Erklärung man folgende Vorstellung sich gemacht hat. Man nimmt an, dass im Ruhezustand des Protoplasmas die mit elektrischen Gegensätzen behafteten kleinsten Theilchen ihre gleichnamigen Pole einander zuwenden, und nennt diese Anordnung die peripolare, weil dann die Peripherie eines cylindrischen Stückchens in polarem Gegensatz sich befindet zu den beiden Querschnitten (Peripherie positiv, Querschnitt negativ elektrisch). In diesem Zustand kreisen in jedem einzelnen Stückchen kleine, in sich geschlossene, elektrische Strömchen.

Treffen Reize das Protoplasma, so verwandelt sich diese pe-

ripolare Anordnung in die dipolare, d. h. die elektrischen Theilchen ordnen sich wie die Elemente einer Voltaischen Säule, d. h. so, dass sie ihre ungleichnamigen Seiten einander zu wenden. Diesen Zustand, den man am leichtesten und vollständigsten mittelst Durchleitung eines elektrischen Stromes erzielen kann, nennt man Elektrotonus, und die Folge ist, dass die im ruhenden Zustand vorhandene elektrische Strömung zwischen Peripherie und Querschnitt Strömen Platz macht, welche in der Richtung der säulenartigen Polarisation, also von Querschnitt zu Querschnitt, ziehen. Erregt oder „thätig" nennt man nun das Protoplasma, so lange die elektro-motorischen Theilchen im Stellungswechsel begriffen sind. Dabei beobachtet man eine Abnahme der Stärke des elektrischen Stromes, den der elektrotonische Zustand ergab (negative Stromesschwankung). Durch Versuche am Protoplasma des Muskels ist nachgewiesen, dass diese Abnahme der Stromstärke keine einfache Erniederung, sondern eine schnell aufeinander folgende Oscillation zwischen Zu- und Abnahme ist. Die Physiologen bezeichnen diesen Zustand als „Tetanus".

Auf dieser Beweglichkeit der elektrischen Theilchen beruht das, was man die Reizbarkeit des Protoplasmas nennt, und der Erfolg ist ein doppelter; einmal werden so Bewegungen, welche an einer Stelle das Protoplasma getroffen haben, an eine andere Stelle des Protoplasmas fortgepflanzt (Reizleitung), und dann können, da die elektrischen Moleküle in eine flüssige oder festweiche Masse eingebettet sind, durch Lagenveränderung derselben jene elektro-dynamischen Effecte hervorgerufen werden, auf welchen die Erscheinungen der Contraktilität beruhen. Eine weitere Wirkung der Reize ist, dass sie die Intensität des chemischen Zersetzungsprozesses steigern.

Weiter gehört zum Verständniss der Reizwirkung, dass die im Protoplasma in Folge eines Reizes eintretenden Bewegungen weit stärker sind, als die den Reiz bildenden Bewegungen, indem sich alle jene bei der Oxydation der Nährstoffe frei werdenden Bewegungen, die im ruhenden Zustand in Form von Wärme und den oben beschriebenen, sich gegenseitig aufhebenden elektrischen Strömen des peripolaren Zustandes auftreten, sich zu den Bewegungen, welche aus der Umwandlung der vom Reiz repräsentirten Bewegungen hervorgehen, noch hinzu addiren. Deshalb ist bei gleichbleibender Reizstärke der Effect der Reizung um so stärker, je grösser die Masse des von ihm durchflossenen Protoplasmas ist, z. B. beim Protoplasma des Muskels wächst die Stärke der Contraktion mit dem Querschnitt, beim Nerv der Effect mit dem Längsschnitt. Dann ist der Effect um so stärker, je reicher das Protoplasma an zersetzungsfähigem Nährstoff und zu dieser Zersetzung verfügbarem Sauerstoff, endlich um so grösser, je stärker die elek-

trischen Gegensätze des Protoplasmas von Hause aus sind. Dagegen nehmen bei gleicher Reizstärke die Effecte ab in dem Maasse, als sich in dem Protoplasma die Oxydationsprodukte der Nährstoffe anhäufen; als solche hat man besonders die Milchsäure und das saure phosphorsaure Kali kennen gelernt. Diesen Zustand nennt man die Ermüdung oder Erschöpfung des Protoplasmas; gehoben wird sie durch Beseitigung der Ermüdungsstoffe. Dauernd vernichtet wird die Reizbarkeit durch alle zu heftig wirkenden Reize, dann durch alle Einflüsse, welche die chemische Constitution und den physikalischen Bau des Protoplasmas in durchgreifenderer Weise verändern: so heftige chemische Einwirkungen, wie die starken Säuren und Alkalien und bestimmte Stoffe, denen wir den Namen „Gifte" beilegen (die aber nicht für jede Protoplasmasorte gleich wirksam sind; so unterscheidet man Muskelgifte, Nervengifte, Blutgifte etc.). Bezüglich der Wärme gilt, dass von dem die Reizbarkeit sistirenden Punkte an, bei welchem die Gefrierung der Quellungsflüssigkeit erfolgt (Kältestarre des Protoplasmas), die Reizbarkeit mit steigender Wärme stetig zunimmt bis zu dem Punkte, auf welchem eine Gerinnung der gelösten Albuminate eintritt. Ist dies geschehen, dann ist die Reizbarkeit aufgehoben (Wärmestarre); sie kann wieder hergestellt werden, wenn die Starre nicht zu lange gedauert hat und die geronnenen Albuminate wieder aufgelöst werden, im anderen Fall ist die Reizbarkeit dauernd vernichtet. Die Temperatur, bei welcher die Wärmestarre eintritt, ist für verschiedene Protoplasmasorten verschieden, liegt aber für alle unterhalb des Siedepunktes des Wassers, und selbst für das ausdauerndste Protoplasma gilt, dass eine mehrere Minuten andauernde Einwirkung der Siedehitze seine Reizbarkeit dauernd vernichtet hat.

Nicht alle Bewegungen und Stoffe sind im Stande, das Protoplasma in den gereizten Zustand zu versetzen, und dann giebt es Reize, welche nur bestimmte Arten von Protoplasma reizen (spezifische Reize). Der allgemeinste und wirksamste Reiz sind elektrische Bewegungen, schon weniger wirksam sind mechanische Bewegungen, Druck, Stoss etc.; dann jene Bewegungen, welche mit plötzlicher Wasserentziehung oder, umgekehrt, mit plötzlicher Quellung, verbunden sind. Licht reizt das Protoplasma nur, wenn in demselben Stoffe vorhanden sind, welche das Licht absorbiren, d. h. an seinem Durchgang hindern; im Allgemeinen sind das Farbestoffe (sogenannte Pigmente). Sollen Schallschwingungen das Protoplasma reizen, so setzt dies eine An- oder Einlagerung von schwingungsfähigen, elastischen Massen voraus. Unter den chemischen Reizen spielen die wichtigste, allgemeine Rolle Alkalien, besonders die fixen, dann Säuren, besonders Schwefel, Salz und Salpetersäure, von organischen Säuren Essigsäure, Oxalsäure, Weinsäure, Milchsäure, dann Stoffe, welche durch Wasserent-

ziehung oder Gerinnung der Albuminate wirken, wie Alkohol, Aether, Creosot, neutrale Alkali-Salze, Zucker, das letztere nicht nur in Substanz, sondern auch in concentrirten Lösungen, dann die Salze schwerer Metalle. Der thermischen Reize wurde schon gedacht.

Zum Schluss ist zu erwähnen: Wenn die Reizung des Protoplasmas mit passenden Zwischenräumen der Ruhe und bei fortdauerndem Stoffwechsel durch längere Zeit fortgesetzt wird, so steigert sich die Reizbarkeit des Protoplasmas in folgender Weise: 1) genügt eine geringere Reizstärke, um dieselbe Wirkung hervorzurufen, 2) wächst die Schnelligkeit der Reizleitung und 3) die Grösse der durch den Reiz ausgelösten Bewegungsmengen. Dass diese Erscheinungen auch von einer dauernden qualitativen Aenderung des Protoplasmas begleitet sind, steht ziemlich fest, weniger gekannt ist die Natur derselben. Befindet sich Protoplasma unter Verhältnissen, in welchen nur eine bestimmte Art von Reizen auf dasselbe einwirken kann, die anderen mehr oder weniger ausgeschlossen sind, so steigert sich die Reizbarkeit nur für diese Art von Reiz, den man dann den adäquaten Reiz nennt. Auf diesem Umstand beruht die beim Zustandekommen der höheren Organismen so wichtige Differenzirung des Protoplasmas. Endlich gilt: Wird das Protoplasma durch länger andauernde Zeit nicht gereizt (bei fortdauerndem Stoffwechsel), so nimmt seine Reizbarkeit ab und geht schliesslich ganz verloren; Hand in Hand damit geht wieder eine stoffliche und gestaltliche Veränderung des Protoplasmas, die endlich zu dessen Zerstörung führt.

§. 18. Physiologie der Zelle.

Stoffwechsel. Die primäre, hüllenlose Zelle ist bei ihrer Stoffaufnahme ebenso wenig, als das undifferenzirte Protoplasma ausschliesslich auf die Aufnahme von flüssigen Stoffen angewiesen, sondern nimmt neben ihnen feste Stoffe in ihr Inneres dadurch auf, dass sie dieselben gewissermassen überfliesst. Diese Eigenschaft hat man hauptsächlich durch künstliche Fütterung der farblosen Blutzellen mit Farbstoffpartikelchen nachgewiesen. Um die aufgenommenen Körperchen bildet sich dann eine bald mehr, bald weniger geräumige Vacuole, deren flüssigem Inhalt unstreitig eine ähnliche Lösungskraft zukommt, wie den Verdauungsflüssigkeiten der höheren Thiere. Bis jetzt ist es nicht gelungen, deren chemische Qualität fest zu stellen. Die der Lösung Widerstand leistenden Theile, wohin besonders stark incrustirte Zellhäute gehören, verlassen die Zelle durch eine Art Abfliessen des Protoplasmas von ihnen. Die eindringenden Lösungen sind ohne Zweifel

die Veranlassung zur Bildung der Vacuolen, deren Inhalt häufig durch Contraktion wieder in das umgebende Protoplasma hinausgedrückt wird. Von dem Chemismus gilt das beim Protoplasma Gesagte.

Mit dem Auftreten der Membran bei der secundären Zelle fällt die Aufnahme fester Partikeln fast durchaus fort. Eine Ausnahme macht nur das Eindringen der Samenfäden durch die Mikropyle oder die Poren des Chorion bei den Eiern. Von jetzt an finden nur Lösungen Zutritt, und zwar in den meisten Fällen nur wässrige Lösungen; Fette bedürfen zu ihrer Aufnahme einen gewissen Grad von Verseifung und vorgängiger Emulsion, und die Poren der Zellhaut müssen mit einer Flüssigkeit durchtränkt sein, welche eine capillare Verwandtschaft zu dem Fett besitzt (eine solche Flüssigkeit ist die Galle). Es sind also von der Aufnahme alle Stoffe ausgeschlossen, welche in Wasser resp. den eine Parenchymzelle umspülenden, bald schwach sauren, bald schwach alkalischen Ernährungsflüssigkeiten unlöslich sind. Weiter sind alle diejenigen Stoffe von der Aufnahme ausgeschlossen, welche, wenn gleich löslich, Moleküle besitzen, die grösser sind, als die Poren der Zellhaut. Das sind kurz gesagt alle Stoffe, deren Atomgewicht gleich gross oder grösser ist, als das des membranbildenden Stoffes. Dasselbe gilt natürlich auch für den Austritt der Stoffe durch die Zellmembran; ist ein Stoff mit niederem Atomgewicht durch die Membran eingedrungen und wird dort in einen solchen umgewandelt, dessen Atomgewicht ebenso hoch oder höher ist, als das der Zellhaut, so kann er nicht mehr heraus. Diese von dem Physiologen Traube zu Tage geförderten Thatsachen sind von grösster Wichtigkeit für das Verständniss der Ernährungs- und Wachsthumsvorgänge. Dieselben lassen sich auf Grund davon so präcisiren:

Das Protoplasma, als eine poröse Substanz, entlässt aus seinem Innern nur Stoffe von niedererem Atomgewicht als seine eigenen; werden diese bei Berührung mit dem Aufenthaltsmedium niedergeschlagen, so bildet sich eine Zellmembran, deren Stoffe demgemäss immer ein niedrigeres Atomgewicht haben müssen, als die des jetzt eingekapselten Protoplasmas. In eine solche Zelle kann nun derjenige Stoff, welcher die Membran bildet, nicht eindringen, geschweige denn die Stoffe, welche das Protoplasma enthält. Sollen nun solche Stoffe Nährmittel für die Zelle abgeben — und das ist ja bei den thierischen Zellen, welche auf organische Nahrung angewiesen sind, fast immer der Fall — so müssen sie zuvor nicht blos eine einfache Lösung, sondern auch eine derartige chemische Umwandlung erfahren, dass sie ein Atomgewicht bekommen, welches niedriger ist nicht blos als das der Protoplasmastoffe, sondern auch niedriger als das der Membranstoffe. Diese Lösung und Umwandlung nennen wir Verdauung.

Sie ist nach Hermann als eine Zerspaltung in einfachere Atomgruppen aufzufassen, und bewirkt wird sie durch eigene hydrolytische Fermente, welche nach den einen ein Absonderungsprodukt bestimmter Zellen (Speichelferment, Pepsin etc.), nach anderen aber gewissermassen parasitische Hefepilze sind, und zwar durch diese Fermente allein oder in Verbindung mit schwachen Säuren, unter denen die Milchsäure und Salzsäure eine Hauptrolle spielen. Der chemische Name für diese Verdauungsprodukte ist Pepton; man spricht so von Eiweisspeptonen und Leimpeptonen. Für die Verdauungsprodukte der Kohlenhydrate (Stärkemehl, Zucker, Gummi, Cellulose) wird dieser Name nicht gebraucht, sie werden alle bei der Verdauung in Zucker übergeführt, der leicht durch die Zellmembran diffundirt.

Im Innern der Zelle angelangt, erfahren die Peptone neuerdings eine chemische Umwandlung; damit ist natürlich der Stoff, d. h. das Pepton als solches, verschwunden, und dies ist die Ursache eines stetigen neuen Nachschubs von Pepton, da das endosmotische Gleichgewicht nie erreicht werden kann. Die weitere Folge ist eine doppelte: ist die Umwandlung des Peptons mit einer Verminderung des Atomgewichts verbunden, so diffundirt dieses Zersetzungsprodukt ohne weiteres durch die Zellmembran wieder nach aussen (Exosmose) als sogenanntes Sekret der Zelle, ein Vorgang, den man Sekretion nennt. Wird dagegen das Atomgewicht so gesteigert, dass es mindestens die Höhe von dem der Zellmembran erreicht (oder gar die des Atomgewichts der Protoplasmastoffe), so kann dieser neue Stoff nicht mehr heraus diffundiren; hierauf beruht der Vorgang der Assimilation.

Der Assimilation fähig sind vorzugsweise die Albuminate und Albuminoide. Nun ist aber noch folgendes zu unterscheiden: Erhöht die Assimilation das Atomgewicht der eingedrungenen Stoffe bis auf die Stufe der Protoplasmastoffe, so wird das Volumen des Protoplasmas vermehrt, weil dies die eingedrungenen Stoffe nicht mehr heraus diffundiren lässt. Die Folge ist ein mit Theilung endendes Wachsthum der Zelle. Wird dagegen bei der Assimilation nur die Höhe des Atomgewichts der Zellmembran erreicht, so kann sich der Stoff im Protoplasma, wenn er nicht in unlöslichen Zustand übergeführt wird, nicht halten; andererseits kann er aber auch nicht durch die Zellmembran heraustreten, er lagert sich also als sekundäre Zellmembran zwischen die primäre und das Protoplasma, ein Vorgang der sich oft mehrmals wiederholt. Hierauf beruht das interstitielle Wachsthum, bei welchem nicht die Zahl der Zellen vermehrt wird, sondern die Zellen nur immer weiter auseinander rücken in Folge der zahlreichen um sie entstehenden Verdickungsschichten. Von diesen Schichten ist natürlich die innerste immer die jüngste, die äusserste die älteste.

Uebrigens ist auch bei den assimilirten Stoffen die Erhöhung des Atomgewichts keine bleibende; sie weicht schliesslich, in Folge von Oxydationen und Abspaltungen, einer Herabminderung des Atomgewichtes bis zu dem Grade, dass Diffusion durch die Zellwand erfolgt — Sekretion.

Ein weiterer bei der Assimilation vorkommender Fall ist der: Die eingedrungenen Stoffe erfahren eine derartige Umänderung, dass sie ihre Löslichkeit in der Quellungsflüssigkeit des Protoplasmas oder der Zellenmembran einbüssen. Dieser Vorgang betrifft sehr häufig gewisse mineralische Verbindungen, die im ersten Abschnitt als incrustirende Substanzen genannt wurden (kohlensaurer und phosphorsaurer Kalk, Kieselerde etc.). Diese bilden dann entweder Incrustationen der Zellmembran oder Concremente im Innern der Zellen. Die Ursachen dieser Incrustation ist noch nicht ganz klar; nach einigen scheinen diese Mineralstoffe ihre ursprüngliche Löslichkeit einer Verbindung mit organischen Stoffen (z. B. dem Lecithin bei der Verknöcherung) zu verdanken, deren Zerstörung durch Oxydation die Ausfällung bewirkt.

Als eine Ausfällung haben wir auch die Bildung der Fetttröpfchen im Innern der Zelle, d. h. die Fettmetamorphose der Zelle zu betrachten. Mit der Umwandlung eines eingedrungenen Nährstoffes in Fett ist natürlich gleichfalls die Möglichkeit eines exosmotischen Wiederaustrittes beseitigt, ausgenommen den den Fall, wenn die Membran mit Galle getränkt wird (Schwinden des Fettes bei Gelbsucht). Die Zelle dehnt sich jetzt zu einem grossen Fettbehälter aus. Dieser Vorgang wird begünstigt, wenn das Protoplasma in einem möglichst reizfreiem Zustand sich befindet (Mästung). Ueber das Material zur Fettbildung siehe im ersten Abschnitt.

Einen noch reizfreieren Zustand des Protoplasmas setzt die Glycogenbildung voraus, die beim erwachsenen Thiere nur in den Leberzellen, bei den Embryonen dagegen fast in allen Zellen des Körpers stattfindet (süsser Geschmack des Fleisches neugeborener Thiere). Dieser stärkemehlähnliche Stoff liegt dann in Gestalt körniger Concremente innerhalb der Zelle, wie die Stärkemehlkörner in den Pflanzenzellen. Wandelt sich das Glycogen um in Zucker, was sehr leicht geschieht und zwar einerseits durch Reizung des Protoplasmas, dann durch noch nicht näher gekannte Fermente, so verschwindet es aus der Zelle.

Kraftwechsel. Hier unterscheiden sich die primären Zellen wieder nicht erheblich von undifferenzirtem Protoplasma. Doch deuten verschiedene Umstände (minder lebhafte Pseudopodienbildung, Kürze der Pseudopodien etc.) darauf hin, dass die Reizbarkeit des Protoplasmas gemindert ist und auch die Aus-

lösung lebendiger Kräfte minder energisch ist. Ob man dies auf Rechnung einer Anziehung durch den Kern oder auf chemische Differenzen des Protoplasmas zu setzen hat, ist noch nicht untersucht. Erheblicher modificirt wird der Kraftwechsel durch die Anwesenheit der Zellmembran. Da diese selbst nicht elektromotorisch wirksam und ein schlechter Leiter ist, so mindert sie im Allgemeinen die Einwirkung der Reize auf das Protoplasma. Mit der Häufigkeit der Reizung nimmt nämlich auch die Reizbarkeit des Protoplasmas ab, und mit der Einkapselung ist endlich auch der Reizfortleitung ein erhebliches Hinderniss bereitet. Dieses Verhältniss ändert sich jedoch, sobald die Zellen wieder derart in substanziellen Zusammenhang treten, dass eine Continuität ihres elektromotorischen Inhalts besteht; dann wirkt die Membran natürlich nur als Isolator für die elektrischen Vorgänge, ohne aber deren Fortpflanzung von einer Zelle zur anderen zu hemmen (siehe unten bei der Physiologie der Gewebe). Ein weiterer Einfluss der Membran auf die Reizungsverhältnisse ist der, dass die wechselnde physikalische Beschaffenheit derselben (verschiedene Dicke, verschiedene Elasticitätsgrade, Quellungshöhe, Incrustationsgrade) ein wechselndes Verhalten der Zelle gegen die verschiedenen Reizsorten bedingt, z. B. sehr elastische Membranen werden Schwingungen leichter leiten, als unelastische; durchsichtige Membranen dem Licht gegenüber sich anders verhalten als undurchsichtige; geschichtete Membranen, deren einzelne Schichten verschiedene Elasticitätscoefficienten besitzen, werden molekulären Schwingungen erheblichere Hindernisse entgegensetzen als homogene etc. Daraus erklärt sich zum Theil (andere Gründe siehe später) das differente Verhalten der verschiedenen sekundären Zellen gegenüber den verschiedenen Reizsorten. Während die primäre Zelle wie das freie Protoplasma auf alle Reize gleichmässig reagirt, sind von den sekundären Zellen die einen sehr empfindlich gegen bestimmte Reizarten, minder empfindlich gegen andere, und damit ist der Anstoss gegeben zu der Entwicklung der sogenannten spezifischen Energien, die darauf beruhen: ein Protoplasma, welches vorzugsweise immer nur von einer bestimmten Reizart getroffen wird, gewinnt allmählig eine höhere Empfindlichkeit für sie.

Bezüglich der von den Reizen ausgelösten Bewegungserscheinungen gilt bei den sekundären Zellen, dass starre Membranen, die aber im Thierreich seltener sind, als im Pflanzenreiche, die Durchmesserveränderungen beschränken oder ganz aufheben. An Stelle derselben treten rotirende Strömungen des Protoplasmas innerhalb der Zellmembran — eine gewöhnliche Erscheinung bei den Pflanzenzellen. Sind dagegen die Membranen nachgiebig, so kommen in Folge der Bewegungserscheinungen des Protoplasmas

Durchmesserveränderungen zu Stande, und solche Zellen nennt man contraktil. Am ausgiebigsten fallen diese Contraktionen aus bei langgestreckten Zellen (Muskelfasern); bei den sternförmigen Zellen sind die Bewegungserscheinungen ganz ähnlich der Pseudopodienbildung des Protoplasmas, nur dass den Pseudopodien der Weg vorgezeichnet ist durch die Ausläufer der Zelle, die sich bald mit Protoplasma füllen, bald dessen durch Zurückströmen gegen die Mitte verlustig gehen. (So bei den Zellen, welche den Farbenwechsel der Chamäleone, Frösche, Fische etc. bewirken.) Den contraktilen Zellen stehen gegenüber die nicht contraktilen, bei denen Reizung keine sichtbaren Durchmesserveränderungen und ebenso wenig Protoplasmaströmungen bewirkt, wohl aber eine hervorragende Fähigkeit der Reizfortleitung besteht; dies ist der physiologische Charakter der Nervenzellen. Bezüglich der Wärmeentbindung gilt für die Zellen dasselbe, wie für das Protoplasma.

Biologisches: Die Zellen entstehen entweder durch concentrische Differenzirung des Protoplasmas (freie Zellbildung) oder durch Theilung einer schon bestehenden Zelle nach vorausgegangener Vergrösserung. Jede solche neu entstandene Zelle ist anfänglich eine Primärzelle, d. h. nackt, später erhält sie meist eine Membran und funktionirt, wie oben angegeben, als Sekundärzelle. Unter den geeigneten Reiz- und Ernährungsverhältnissen dauert sie in diesem „lebensfähigen“ Zustand mehr oder minder lang, um dann überzugehen in den „leblosen“ Zustand. Dieses Schicksal betrifft ganz allgemein die Grenzzellen der vielzelligen Organismen, ohne dass diese letzteren selbst dabei in ihrem Bestand gefährdet werden, im Gegentheil gehört dies in das Gebiet der physiologisch normalen Verrichtungen. An der äusseren Oberfläche des Körpers trifft die Grenzzellen ein regelmässiges Absterben, 1) weil sie durch die an ihrer Haftfläche stetig fortdauernde Zellneubildung allmählig immer weiter von ihrem Ernährungsheerde, den feinen Blutgefässen der Haut, entfernt werden; 2) weil sie einer zu heftigen Einwirkung des Sauerstoffs ausgesetzt sind, in Folge dessen ihre Albuminate in Keratin (Luftthiere) oder Mucin (Wasserthiere) umgewandelt werden; 3) weil bei den Luftthieren der Wasserverlust zu gross ist, was Austrocknung herbeiführt und bei den Wasserthieren das Gegentheil, zu starke endosmotische Quellung, eintritt.

Bei den Luftthieren fallen die abgestorbenen, vertrockneten Zellen einzeln oder in kleinen Fladen ab (Hautabschuppung der Säuger und Vögel), oder endlich geht die ganze Schicht im Zusammenhang ab (Häutung der Reptilien und Amphibien). Bei den Wasserthieren findet auch eine Hautabschuppung statt, daneben findet man aber in der Epidermis einzelne Zellen, die nach vorgängiger Grössenzunahme bis an die Oberfläche vordringen, eine

Oeffnung erhalten und nun das Produkt der Umwandlung ihres Protoplasmas, den mucinhaltigen Schleim, entleeren. In diesem Zustand bilden sie die Becherzellen der Mikroskopiker.

Bei den Krebsen, Insekten etc. mangelt dieser Vorgang, weil die Grenzzellen durch die Abscheidung einer oft sehr mächtigen Cuticula gegen die oben genannten, chemisch-physikalischen Einwirkungen geschützt sind, dagegen kommt es bei ihnen zu einer periodischen Ablösung der ganzen Cuticula von den darunter liegenden Grenzzellen und zum Erguss einer neuen, anfangs sehr weichen Lage. Die alte Cuticula wird dann von dem sich ausdehnenden Thierkörper meist an einer bestimmten Stelle gesprengt und abgestreift (Process der Häutung der Gliederfüssler).

Aehnliche Processe gehen an den Grenzzellen der Schleimhäute vor sich, nämlich eine stete Abstossung einzelner Zellen oder Zellgruppen und der Bildung von sogenannten Becherzellen, die ihren Inhalt nach aussen entleeren; auf diese Weise kommen die schleimig-flüssigen Absonderungen der Drüsen und Schleimhäute zu Stande.

Eine andere biologische Erscheinung der Zellen ist die Fettmetamorphose. Es erscheinen im Protoplasma feinste Fetttröpfchen, bis die ganze Zelle damit gefüllt ist; jedes Tröpfchen eignet sich eine zarte, eiweissige Hülle an, die es vor dem Verschmelzen mit seinen Nachbarn bewahrt, dann schmilzt die Membran der Zelle, so dass die Fetttröpfchen frei werden. Dieser Process betrifft normaler Weise die Zellen der Hauttalgdrüsen und der Milchdrüsen bei den Säugethieren, und das so gelieferte fettige Produkt ist bei den ersteren die Hautschmiere, bei den letzteren sind es die in der Milch sich findenden Butterkügelchen. Krankhafter Weise können die Zellen der Leber, die Muskelzellen etc. gleichfalls der Fettentartung anheimfallen.

Ein weiteres Schickal der Zellen ist deren Mummificirung, ohne dass dieselben aus dem Organismus hinaus geschafft werden; die Zellen verlieren hierbei allmählig Kern und Protoplasma, und sind entweder ein leerer Balg mit Luft gefüllt (Zellen des Haar- und Federmarkes) oder ganz mit Erdsalzen durchsetzt (petrificirt, wie die Schmelzzellen der Zähne).

§. 19. Physiologie der Intercellularsubstanz.

Die physiologische Rolle der Intercellularsubstanz ist eine durchaus passive, sie bildet die Zellmembranen, verkittet sie mit einander, bildet im flüssigen Zustand den Träger der Blutzellen und der Stoffwechselprodukte, grenzt als Cuticula den Thierkörper nach aussen ab, verleiht ihm, im verirdeten Zustand, als Grundlage der Skelette seine Stabilität etc.

Stoffwechsel. Ist bei den verirdeten Intercellularsubstanzen wohl sehr unbedeutend, wenn man absieht von einer mit dem Alter zunehmenden Menge der incrustirenden Substanzen und pathologischen Processen, bei denen das Gegentheil stattfindet, eine Wiederauflösung der incrustirenden Substanzen und der organischen Grundlage. Den fest-weichen Intercellularsubstanzen kommt entschieden ein verhältnissmässig reger Stoffwechsel zu, ohne dass aber specielles bis jetzt bekannt wäre. Wichtig dagegen ist ihr Einfluss auf den Stoffwechsel des von ihnen eingeschlossenen Protoplasmas, indem sie nur den Stoffen den osmotischen Durchtritt gestatten, welche ein geringeres Atomgewicht besitzen als sie selbst (siehe oben). Besser gekannt sind die Stoffwechselvorgänge der flüssigen Intercellularsubstanz des Blut- und Lymphplasmas; siehe hierüber unten bei Ernährungsflüssigkeit.

Kraftwechsel. Den Intercellularsubstanzen mangelt wohl durchgehends die für das Protoplasma charakteristischen elektromotorischen Eigenschaften. Damit mangelt natürlich auch die Reizbarkeit und Contraktionsfähigkeit. Die Intercellularsubstanzen spielen beim Kraftwechsel nur in sofern eine Rolle, als ihre Elasticitätsverhältnisse, ihre Wärmecapacität, ihr Absorptionsvermögen für Licht und strahlende Wärme etc. mannigfach verändernd auf die Reize einwirken und noch mehr auf die Fortpflanzung der durch die Reize ausgelösten protoplasmatischen Bewegungen.

Biologisches. Ueber die Entstehungsgeschichte der Intercellularsubstanz besteht noch ungelöste Controverse: nach den einen entsteht sie durch Ausschwitzung aus dem Protoplasma, nach andern durch unmittelbare Umwandlung desselben, möglich dass beides vorkommt. Im primären Zustand ist sie wohl meist flüssig und erhärtet erst später. Eine Alterserscheinung ist die Incrustation.

§. 20. Physiologie der Gewebe.

1) Grenzzellengewebe. Hat je nach seiner Beschaffenheit und Lage sehr mannigfaltige Functionen.

a) Epidermisgewebe. Sein Stoffwechsel ist charakterisirt durch eine relativ bedeutende Sauerstoffaufnahme gegenüber einer unbedeutenden Aufnahme von fixen Nährstoffen. In Folge dessen kann dasselbe Sauerstoff an die dahinter cirkulirende Ernährungsflüssigkeit abgeben und Kohlensäure aufnehmen, um sie an der Oberfläche wieder abzugeben; dies bedingt die Function der Hautathmung, die um so intensiver, je dünner die Epidermis, je entwickelter die hinter ihr liegende Gefässausbreitung und je stärker die Oberflächenentwicklung der Epidermis im Verhältniss zur Blutbahn ist; darauf beruht die Bildung der äusseren

Athmungsorgane (Kiemen). Bei manchen Thieren, namentlich kleinen und solchen die im Wasser leben, ist die Epidermis die einzige Bezugsquelle für den dem Gesammtkörper nöthigen Sauerstoff. Bei den Luftthieren tritt die Hautathmung in den Hintergrund, besorgt z. B. beim Menschen nur noch $^1/_{400}$ des Gesammtgaswechsels.

Ein zweiter Punkt ist die Wasserverdunstung auf der Oberfläche der Epidermis der Luftthiere, welche zunächst einen steten Nachschub von Seite der Ernährungsflüssigkeit erzwingt und mittelbar das Thier nöthigt, neue Wassermengen in seine Verdauungshöhle aufzunehmen. Die weitere Folge ist eine Steigerung der gesammten Stoffcirkulation gegenüber den Wasserthieren, bei welchen diese Triebkraft des Stoffwechselstromes mangelt. Hautathmung und Wasserverdunstung auf der Fläche der Epidermis bilden die sogenannte Perspiration. Hierzu kommt dann der schon erwähnte stetige Stoffverlust der Epidermis durch die Abschuppung und Schleimbildung (über die Hautdrüsen siehe später). Die fixen Stoffe erhält die Epidermis in den meisten Fällen von innen aus den Ernährungsflüssigkeiten, allein dass sie auch im Stande ist, auf ihrer freien Oberfläche fixe Stoffe aufzunehmen. ist durch vielfache Versuche festgestellt und beruht darauf die Anwendung der endermatischen Heilmethode. Die Zahl der Stoffe, welche die Epidermis aufsaugen kann, ist übrigens beschränkter, als man gemeiniglich annimmt. Näheres siehe unten pag. 91.

Anmerkung. Bei vielen Thieren producirt die Epidermis Giftstoffe, die in eigene Zellen eingeschlossen sind (Nesselzellen oder Brennhaare), deren chemische Natur aber noch nicht feststeht.

Kraftwechsel. Hier ist zuerst der bei Luftthieren bedeutende Wärmeverlust zu nennen, welchen die Epidermis nicht nur durch Leitung, und Strahlung, sondern auch durch die Wasserverdunstung erfährt, was natürlich nur auf Kosten der Gesammtwärme des Körpers geschieht Uebrigens ist die Epidermis ein schlechter Wärmeleiter, und mindert so einerseits die von aussen als Reiz auf den Körper andringende Wärme sehr erheblich (Unempfindlichkeit schwieliger Hände gegen hohe Wärmegrade), andererseits mindert sie die Wärmeverluste des Körpers. Was die Reizbarkeit betrifft, so ist sie bei den Luftthieren in den oberflächlichen Schichten wohl gänzlich erloschen, dagegen scheint sie in den tieferen Lagen noch erhalten zu sein. Bei den Wasserthieren finden sich dagegen in der Dicke der Epidermis Nervenendzellen, die nicht nur reizbar, sondern auch in der Lage sind, die Reize weiter zu leiten. Die Epidermis ist also hier der Träger von Sinneswerkzeugen. Contraktilität kommt gleichfalls der Epidermis mancher niederen Wasserthiere entschieden zu, und

endlich sind die Flimmerzellen, welche bei niederen Wasserthieren öfters die ganze Epidermis zusammensetzen, nicht nur reizbar, sondern auch eigenthümlicher Bewegungen fähig, welche noch nicht erklärt sind; dass sie nicht eine Folge von, vom Nervensystem ausgehenden, Reizen sind, erhellt zur Genüge daraus, dass die Bewegung auch noch an den isolirten Zellen fortdauert; sie ist also eine automatische, resp. von äusseren Reizen abhängige. Sie wird durch Wärme gesteigert, durch Kälte gemindert, durch gewisse Gase, wie Chlor, Schwefelwasserstoff etc. aufgehoben. Daher das Erstickungsgefühl beim Einathmen dieser Gase, welche die Flimmerbewegung in den Luftwegen lähmen und so die Ventilation der Lunge beeinträchtigen.

Eine weitere wichtige Rolle spielt die Epidermis als Mutterboden für die Hautorgane, von denen später.

b) Epithelien. Sie sind ebenso, wie die Epidermis, Vermittler des Stoffwechsels für den Gesammtkörper, in dem Einnahmen und Ausgaben grösser sind, als für Deckung des eigenen Bedarfes nöthig. Der Gaswechsel ist ein erheblich lebhafter nur an dem Epithel der innerlichen Athemwerkzeuge und ebenso energisch ist die Wasserverdunstung auf ihrer Oberfläche, da die in die Athemwerkzeuge eindringende Luft dort vollständig mit Wasserdampf gesättigt wird. An den Epithelien des Darmschlauchs handelt es sich vorzugsweise um einen Wechsel fixer Nährstoffe, nämlich einerseits die Absonderung der Verdauungsflüssigkeiten und andererseits die Aufsaugung der gelösten Nährstoffe und der emulsirten Fette. Bezüglich des Kraftwechsels zeigen die Epithelien der Luftwege und der Eileiter höherer Thiere Flimmerbewegungen, und gewisse Epithelien sind die Träger von Nervenendzellen.

2) Muskelgewebe; dessen Zellen stehen in keinem direkten Stoffverkehr mit der Aussenwelt, sondern nur in mittelbarem durch die Ernährungsflüssigkeiten. Diesen entziehen sie Sauerstoff und fixe Nährstoffe (sowohl stickstoffhaltige als stickstofflose) und setzen sie um in Kohlensäure, Milchsäure und stickstoffhaltige Verbindungen (Kreatin, Kreatinin, Sarcin, Xanthin und Inosinsäure), die wieder in die Ernährungsflüssigkeit zurückgehen. Im gereizten Zustand ist der Stoffwechsel gesteigert, und dann reagirt der zuvor neutrale oder schwach alkalische Muskelsaft sauer (durch die entstehende Milchsäure, die zwar wohl auch im ruhenden Zustand gebildet wird, allein in so geringen Mengen, dass das alkalische Blut sie stets neutralisirt).

Ueber die Natur der im Muskel umgesetzten fixen Nährstoffe ist man noch nicht genügend aufgeklärt. Die herrschende Ansicht geht dahin: Es werden daselbst jedenfalls Eiweisskörper oxydirt, daneben aber auch noch stickstofflose Nährstoffe, und zwar je

mehr von letzteren, desto weniger von den ersteren; doch nimmt man an, dass die Verminderung des Eiweissumsatzes durch die nebenbei dem Muskel gereichten stickstofflosen Nährmittel nur c. 7 % erreichen könne. Weiter ist festgestellt, dass der Muskel, wenn er nur mit stickstofflosen Substanzen ernährt wird, eine Zersetzung seines Organeiweisses erfährt, was zu Gewichtsabnahme und schliesslich zum Tod führt. Das Wachsthum des Muskels setzt einen gewissen Wechsel von ruhendem und thätigem Zustand voraus. Bei gänzlicher Unthätigkeit tritt Schwund bis zur Degeneration ein, aber ebenso auch bei zu angestrengter Thätigkeit. Weiter gilt für das Wachsthum des Muskels: Eine einseitige Steigerung der Eiweisszufuhr hat zunächst nur einen gesteigerten Eiweissumsatz zur Folge, Wachsthum tritt erst ein, wenn eine Steigerung der stickstofflosen Nährsubstanzen hinzukommt.

Beim Kräftewechsel des Muskels ist zuerst der erregungsfähige Zustand von dem Zustand der Todtenstarre zu unterscheiden, und beim ersteren der ruhende Zustand von dem thätigen. In letzteren tritt der Muskel in Folge eines Reizes; im ersteren beobachtet man die schon in §. 1 angegebenen elektrischen Strömungen und Wärmeentwicklung, die jedem lebendigen Protoplasma eigen sind. Der thätige Zustand wird durch die sogenannten Muskelreize hervorgerufen, und zwar im normalen Zustand wohl immer durch die negative Stromschwankung in einem die Muskelfaser senkrecht treffenden Nervenende. Ausserdem kann der Muskel direct gereizt werden durch elektrische Schläge, durch Temperaturschwankungen, mechanische Eingriffe und solche chemische Stoffe, welche eine Veränderung der chemisch-physikalischen Constitution der Muskelsubstanz erzeugen (siehe §. 17). Alle diese Reize müssen aber eine bestimmte Stärke (die chemischen Stoffe bestimmte Concentrationsgrade) erreichen, wenn sie wirken sollen. Ferner verstreicht von der Einwirkung des Reizes bis zum Beginn der Thätigkeit eine messbare Zeit, die bei dem tertiären (quergestreiften) Muskel sehr kurz (0,01 Secunde), beim secundären (glatten) Muskel länger (ein bis mehrere Secunden) ist. Man nennt diese Zeit: Dauer der latenten Reizung. Der thätige Zustand ist gekennzeichnet durch eine Abnahme der elektrischen Ströme (negative Stromesschwankung) und die Durchmesserveränderung, die in einer Verkürzung des Längsdurchmessers und Vergrösserung des Querdurchmessers besteht. Diese Verkürzung ist bei einem Reiz von verschwindend kurzer Dauer eine momentane mit sogleich erfolgender Erschlaffung, was man eine elementare Muskelzuckung nennt. Sie erfolgt nicht gleichzeitig im ganzen Muskelfaden, sondern pflanzt sich von der durch den Reiz getroffenen Stelle im quergestreiften Muskelfaden mit einer Geschwindigkeit von c. 1 Meter per Secunde fort (in der glatten Muskelzelle

wahrscheinlich viel langsamer). Folgen die einzelnen Reize sehr rasch auf einander, so bleiben die Erschlaffungen zwischen den einzelnen Zuckungen aus, und der Muskel verharrt im Zustand der Contraktion, den man Tetanus nennt. Dabei ändern sich die Elasticitätsverhältnisse in der Weise: Während die Muskelzelle im ruhenden Zustand zwar eine geringe, aber sehr vollständige Elasticität besitzt, d. h. der Ausdehnung zwar einen geringen Widerstand entgegensetzt, allein selbst nach beträchtlicher Ausdehnung zu ihrer ursprünglichen Länge zurückkehrt, wird sie im thätigen Zustand dehnbarer und ihre Elasticität geringer. Diese Veränderung steigert sich stetig, je länger der thätige Zustand anhält (Ermüdung des Muskels). Die Verkürzung des thätigen Muskels kann alle möglichen Grade bis zu einem gewissen Maximum (etwa $^3/_4$ seiner Länge) erreichen. Dieses Maximum wird aber nur im unbelasteten Zustand erreicht, es nimmt stetig ab mit der Grösse der Belastung.

Unter Maximalkraft versteht man dasjenige Gewicht, welches der Muskel zwar nicht mehr heben kann, welches ihn aber auch nicht dehnt; diese Maximalkraft hängt nur ab von dem Querschnitt des Muskels, nicht aber von dessen Länge. Ferner ist sie verschieden gross, nicht nur bei den verschiedenen Muskeln eines und desselben Thieres (beim Frosch hat man Differenzen vom dreifachen Betrag gefunden; Zungenmuskel per Quadr.-Centimeter 692 Gramm, Wadenmuskel 1805 Gramm), was wohl auf verschiedene Uebungsgrade zurückzuführen ist, sondern auch bei den gleichen Muskeln verschiedener Thiere; so scheint sie bei Warmblütern geringer zu sein, als bei Kaltblütern, wofür auch die geläufige Erfahrung spricht, dass ein Muskel um so weniger mechanisch leistet, je stärker er sich im thätigen Zustand erwärmt.

In den Zustand der Todtenstarre wird das Muskelgewebe versetzt einmal durch Aufhebung seiner Ernährung, dann durch excessive Thätigkeit, also zu heftiger Einwirkung der Muskelreize, weiter durch gewisse Gifte, wie Veratrin, Blausäure, Rhodankalium. Die Ursache ist Gerinnung einer vorher im Muskel im gelösten Zustand vorhandenen Eiweissverbindung von vorläufig noch unbekannter Natur unter gleichzeitiger Entwicklung von Wärme und bedeutender Zunahme seiner Elasticität, d. h. er leistet jetzt der Ausdehnung beträchtlichen Widerstand, reisst bei dessen gewaltsamer Ueberwindung leicht, oder bleibt, wenn er nicht gerissen ist, dauernd verlängert. Alle die vorgenannten Erscheinungen treten nur beim tertiären Muskelgewebe scharf hervor, minder deutlich beim secundären; das primäre Muskelgewebe ist, da es sich nur bei niederen Thieren vorfindet, noch nicht untersucht.

3) Nervengewebe. Ueber dessen Stoffwechsel ist sehr

wenig anderes bekannt, als dass er in seinen wesentlichsten Punkten mit dem des Muskelgewebes übereinstimmt, und zwar im ruhenden sowohl als im thätigen Zustand. Im ersteren reagirt der Nerv neutral, im letzteren sauer, wohl in Folge von Milchsäurebildung. Dann treten dieselben stickstoffhaltigen Extractstoffe auf. Sicher ist, dass die für die Nervensubstanz charakteristischen, meist phosphorhaltigen Fette und phosphorsauren Salze eine wichtige Rolle beim Stoffwechsel spielen, allein welche, ist unbekannt. Ueber den Kräftewechsel weiss man folgendes: Das Nervengewebe in seinem erregbaren, d. h. lebendigen Zustand zeigt ganz ähnliches elektrisches Verhalten, wie der Muskel. Im ruhenden Zustand kreisen in ihm dieselben elektrischen Strömungen und zwar so, dass jedes Stück eines Nerven sich im Zustand der geschlossenen Kette befindet. Wird dagegen der Nerv von einem Reize getroffen, so tritt eine negative Stromesschwankung ein, welche sich in der Bahn des Nerven nach Art einer magnetischen Fernwirkung von der getroffenen Stelle mit einer messbaren, nach Umständen verschieden grossen, im Durchschnitt etwa 30 Meter per Secunde betragenden Geschwindigkeit fortpflanzt. Dabei schwillt sie lawinenartig so an, dass die von einem bestimmten, gleich grossen Reiz ausgelöste Stromesschwankung um so stärker ist, je länger die durchlaufene Bahn, was wohl so zu erklären ist: Der Reiz cirkulirt nicht blos so auf der Nervenbahn wie ein elektrischer Strom in einem Metalldraht, sondern er löst in jedem Abschnitt des Nerven lebendige, ohne Zweifel von dem Stoffwechsel der Nervensubstanz gelieferte Kräfte aus, welche sich zu den in Cirkulation befindlichen Kraftmengen hinzuaddiren. Diese Reizfortleitung wird gehemmt durch Druck auf den Nerven (Einschlafen eines Gliedes).

Mit dieser negativen Schwankung ist nun aber im Gegensatz zur Muskel keine Durchmesserveränderung und Aenderung der Elasticitätsverhältnisse verbunden. Wir können also sagen: Das einfache Protoplasma zeigt die Fähigkeit der Reizfortleitung und der Massebewegung (Contraktion); bei seiner Umwandlung in Muskelsubstanz ist die Contraktionsfähigkeit gesteigert auf Kosten der Reizleitungsfähigkeit (ihre Geschwindigkeit beträgt wie oben gesagt, beim Muskel nur 1 Meter per Secunde). Bei der Umwandlung des Protoplasmas in Nervensubstanz hat die Reizleitungsfähigkeit in hohem Grade zugenommen (30 Meter in der Secunde) auf Kosten der Contraktionsfähigkeit, die gänzlich geschwunden ist. Bei dem thätigen Zustand des Nerven haben wir ebenso zu unterscheiden zwischen der Leitung eines Reizes von verschwindend kurzer Dauer und dem Tetanus, der hervorgerufen wird durch sehr schnell auf einander folgende Einzelreize. Die Reize dürfen aber, sollen sie den Tetanus erzeugen, weder unter einem

gewissen Stärkeminimum stehen, noch über ein bestimmtes Maximum hinaus gehen, noch darf der Reiz continuirlich gleich stark sein, er muss vielmehr mit einer ziemlichen Geschwindigkeit zwischen verschiedenen Grenzen schwanken. Man sagt deshalb: der Nerv wird erregt, sobald irgend welche äussere Kräfte die innere Molekularconstitution des Nerven mit einer gewissen Geschwindigkeit verändern, während ein statischer Zustand des Nerven niemals mit Erregung verknüpft ist.

Die Bedingungen der Erregbarkeit sind 1) normale Ernährung des Nerven durch das Blut: Aufhören der Blutzufuhr vernichtet die Erregbarkeit; 2) unversehrter Zusammenhang des Nerven mit seinem Centralorgan: nach Durchschneidung verliert das peripherische Stück schnell seine Erregbarkeit, und die Nervenröhre erfährt nach vorangegangener fettiger Degeneration eine Resorption ihres Inhalts. Nach erfolgter Wiederverwachsung der Schnittflächen füllen sich jedoch die alten Röhren wieder mit Nervenmark und die Erregbarkeit kehrt wieder, und zwar in den sensitiven Fasern etwa doppelt so schnell, als in den motorischen; 3) ein Wechsel zwischen erregtem und ruhendem Zustand: bei vollständiger Unthätigkeit ebenso gut wie bei ununterbrochener Erregung tritt Degeneration und Atrophie ein.

Verändert wird die Erregbarkeit des Nerven 1) durch alle Einflüsse, die als Reize wirken und zwar im Allgemeinen so, dass zuerst die Erregbarkeit zu-, dann bis zum Erlöschen abnimmt; 2) durch eine Klasse von bestimmten Stoffen, welche man deshalb Nervengifte nennt, weil selbst äusserst geringe Mengen in äusserst kurzer Zeit intensive Wirkungen hervorbringen, und zwar entweder die Erregbarkeit steigern oder lähmen. Die wichtigsten sind Conëin, Veratrin, Atropin, Digitalin, Ergotin, Curare, Rhodankalium, Viperngift, Chloroform, Strychnin etc. Als Nervenreize functioniren oder können functioniren Elektricität, molekulare und Atombewegungen (Wärme, Licht, Schall), mechanische Bewegung, Aenderung des Wassergehalts (Quellung sowohl als Trockniss und solche Stoffe, welche dem Nerv Wasser entziehen; siehe oben §. 17) Muskel; endlich alle Stoffe, welche eine Veränderung der chemischen Constitution des Nerveninhaltes hervorrufen. Ueber die sogenannten spezifischen Reize siehe bei Physiologie des Nervensystems.

Der Endeffekt der Reizfortleitung ist entweder eine Empfindung in den centralen Ganglienzellen oder Auslösung einer Bewegung in einer Muskelzelle oder die Hemmung einer solchen, oder eine elektrische Entladung (in den Endplatten der elektrischen Organe mancher Fische), oder eine chemische Zersetzung in den Zellen einer Drüse, oder eine Lichterscheinung in den Leuchtorganen der niederen Thiere.

4) Bindegewebe. Den grossen Verschiedenheiten, unter welchen dieses Gewebe auftritt, (siehe morphologischer Abschnitt), entspricht auch eine beträchtliche physiologische Differenz, so dass wenig allgemein auf alle Bindegewebssorten Anwendbares gesagt werden kann. Sie zerfallen nämlich in zwei physiologische Kategorien:

a) Die Ernährungsflüssigkeiten (Blut und Lymphe) sind die Vermittler des Stoffwechsels zwischen den verschiedenen lebendigen Bestandtheilen des Thierkörpers, eine Rolle, die sie wesentlich ihrem flüssigen Aggregatzustand und dem Umstand verdanken, dass sie einer stetigen passiven Bewegung durch folgende Einflüsse unterworfen sind: 1) haben alle Bewegungen im Bereich des Muskelgewebes eine Verschiebung der Ernährungsflüssigkeiten zur Folge und zwar deshalb: die mit den Flüssigkeiten erfüllten, den ganzen Körper durchziehenden Räume stehen alle in offener Communikation mit einander. Jede Muskelbewegung hat zuerst eine Verengerung und darnach eine Erweiterung eines Abschnittes dieser Räumlichkeiten zur Folge, was von einem Abfluss und nachherigen Rückfluss oder, wo dieser durch Klappenvorrichtungen unmöglich gemacht ist, einem Nachschub aus anderen Bezirken begleitet sein muss. Dieser Factor ist bei vielen niederen Thieren fast die einzige Bewegungsursache für die Ernährungsflüssigkeiten, spielt auch bei den höheren Organismen eine sehr wichtige Rolle, und erklärt namentlich auch die Erscheinung, dass die Lebhaftigkeit des Stoffwechsels und des Wachsthumsprozesses durch Muskelbewegungen gesteigert wird; 2) ein weiterer allgemeiner Factor der Bewegung ist die Capillaritätswirkung der feinen Endverzweigungen, in welche die mit Ernährungsflüssigkeiten erfüllten Hohlräume auslaufen, denn ohne diese wären die Widerstände, die das geringe Lumen entgegensetzt, nicht zu überwinden; 3) kommen bei den höheren Thieren eigene Muskelapparate vor, die Muskelherzen, welche durch rhythmische Bewegungen einen meist durch Klappenvorrichtungen vor Umkehr geschützten sogenannten Kreislauf der Ernährungsflüssigkeiten hervorbringen (siehe darüber später).

Der Stoffwechsel der Ernährungsflüssigkeiten besteht in einer Aufnahme von Sauerstoff, Wasser und fixen Nährstoffen durch Vermittlung des Grenzgewebes (bei den Luftthieren vorzugsweise der Epithelien, bei den Wasserthieren und besonders den Parasiten auch der Epidermis). Sie verfrachten dieselben zu den verschiedenen Geweben des Körpers, welche ihnen diese Nährstoffe auf endosmotischem Wege entziehen, und dafür ihre Zersetzungsproducte, nämlich Kohlensäure, Wasser und fixe Producte der rückschreitenden Metamorphose abgeben. Diese letzteren verlassen ihrerseits die Ernährungsflüssigkeiten wieder in anderen Cirkulations-

bezirken mit Hilfe der Epithelien und der drüsigen Organe. Trotz dieser örtlichen verschiedenen Einnahmen und Ausgaben besitzen jedoch die Ernährungsflüssigkeiten in den verschiedenen Bezirken ihres Kreislaufes nur geringe chemische Differenzen, da durch die vom Kreislauf sehr rasch und innig besorgte Vermengung eine erhebliche Steigerung dieser Differenzen verhindert wird.

Ausser diesem passiven Stoffwechsel besitzen die Ernährungsflüssigkeiten nachgewiesenermaassen auch einen activen, indem, wohl vorzugsweise durch die Kräfte der in ihnen schwimmenden lebendigen Zellen, folgendes ausgeführt wird: 1) eine Assimilation der in sie eingedrungenen fixen Nährstoffe; 2) eine fortschreitende Rückbildung der aus den übrigen Geweben stammenden Producte der rückschreitenden Metamorphose und zwar so, dass der grösste Theil des mit den Nährstoffen in den Körper eingedrungenen Kohlenstoffes, soweit er nicht bereits in den Geweben in Kohlensäure übergeführt wurde, in der Ernährungsflüssigkeit vollends dieses Endstadium erreicht. Ueber den Kräftewechsel der Ernährungsflüssigkeiten weiss man wenig Sicheres; da sehr schwer zu unterscheiden, was ihre Wirkung und was die der Gewebe ist, die von ihnen durchflossen werden. Dass Wärme in den Ernährungsflüssigkeiten entbunden wird, ist gewiss; ebenso dass die Zellen derselben entweder alle oder zum Theil reizbar und contraktil, und vermöge dieser Fähigkeit im Stande sind, selbstständigen Ortswechsel auszuführen, ja die Wandungen der Gefässe zu durchbohren und durch die Gewebslücken sich durch zu zwängen als sogenannte wandernde Zellen. Sie spielen eine wichtige Rolle bei der Wundheilung, indem sie die Wundlücken allmälig ausfüllen und sich dann organisiren zu dem sogenannten Narbengewebe, welches in die Kategorie des festen Bindegewebes gehört. (Weiteres siehe Gefässsystem.)

b) Festes Bindegewebe, als Knochen, Knorpel, Sehnen, Bindegewebe im engeren Sinne etc. Allen diesen Gewebsarten ist eine mehr passive Rolle im Organismus beschieden. Die festeren Formen, wie Knochen, Knorpel und Sehnen, treten in Abhängigkeit zu dem Muskelgewebe, dessen Contraktionen dadurch geregelt, gerichtet und namentlich der Verrichtung der Ortsbewegung dienstbar gemacht werden. Die weicheren Formen des Bindegewebes bilden die Ausfüllungsmassen zwischen dem Muskelgewebe, gestatten dessen gegenseitige Verschiebungen und bilden durch ihre Elasticität einen Schutz für die in ihnen ziehenden Nervengewebe und die Gefässe. Ueber den Stoffwechsel des Bindegewebes ist wenig Sicheres ermittelt. Am geringsten ist er jedenfalls im Knorpelgewebe, da es von keinen Gefässbahnen durchzogen ist und die Zellen nicht zusammenhängen. Dagegen kommt dem Knochengewebe unstreitig ein nicht unbeträchtlicher Stoffwechsel zu, wor-

auf schon die zahlreichen Blutgefässe hinweisen, welche durch den Knochen laufen. Dass der in der eigentlichen Knochensubstanz selbst stattfindende Stoffverkehr wohl ausschliesslich durch die Zellen desselben, die sogenannten Knochenkörperchen, vermittelt wird, ist zweifellos, allein welcher Art, ist ganz unbekannt, und ebenso der in diesen Zellen stattfindende Kräftewechsel. Keinenfalls bildet das Netz der Knochenkörperchen blos ein passives Kanalwerk für eine Stoffcirkulation, sondern wahrscheinlich sind die Zellen noch mit reizbarem Protoplasma erfüllt. Die weicheren Bindegewebsarten haben einen viel regeren Stoffwechsel, der sich ausdrückt in beträchtlichen Volumschwankungen. Einerseits tritt bei reichlicher Ernährung sehr rasch und leicht eine Vermehrung des Bindegewebes ein, besonders aber eine Aufspeicherung von Fett in den Bindegewebskörperchen, die dadurch zu Fettzellen ausgedehnt werden; andererseits erfolgt eben so leicht und rasch das Gegentheil, eine Entleerung des Fettes und Schwund des Gewebes. In dieser Beziehung steht das Bindegewebe in Discorrelation mit dem Muskelgewebe: je lebhafter der Stoffumsatz im letzteren, desto mehr schwindet das Bindegewebe und dessen Fett; je träger dagegen der Stoffwechsel im Muskel, um so bedeutender die Stoffaufspeicherung im Bindegewebe (Mästung). Ueber den Stoffwechsel des Bindegewebes in seinem Gleichgewichtszustande lässt sich nur vermuthen, dass derselbe in einem Verbrauch von Sauerstoffen und fixen Nährstoffen, und Bildung von Kohlensäure und fixen Produkten der rückschreitenden Metamorphose besteht. Was den Kräftewechsel betrifft, so ist es kaum einem Zweifel unterworfen, dass die Zellen des Bindegewebes (die Bindegewebskörperchen) — wenn auch nicht alle — reizbar sind und die Fähigkeit einer gewissen Reizfortleitung und Contraktion besitzen. Namentlich lässt sich dies an den farbstoffhaltigen Bindegewebszellen nachweisen, und manche Forscher vermuthen, dass die Bindegewebszellen sich in Nerven umwandeln können.

5) Das Cuticulargewebe scheint nach seiner einmal erfolgten Abscheidung keinem eigenen Stoff- und Kräftewechsel zu unterliegen, seine passive Durchgängigkeit für fixe und flüchtige Nährstoffe steht dagegen ausser Zweifel, und scheint es sich dabei als poröse mit wässeriger Flüssigkeit durchtränkte Membran zu verhalten, entgegen dem Cuticulargewebe der Pflanzen, welches keine poröse, sondern eine colloide kautschukartige Membran ist.

§. 21. Physiologie der Schichten.

1) Die Epidermis.

Sie hat für den Thierkörper wesentlich die Bedeutung eines Schutzmittels gegen äussere Einflüsse. Wie schon oben gezeigt,

ist ihr eigener Stoffwechsel gering, da sie blutgefässlos ist, dagegen hat sie die wichtige Verrichtung, 1) die nächstfolgende Schicht zu schützen gegen die Aufnahme sehr vieler, mit dem Körper möglicherweise in Berührung kommender Stoffe. Die bis jetzt allerdings nur bei Luftthieren gemachten Experimente haben dargethan, dass die unversehrte Epidermis wahrscheinlich gar keinen anderen als gasförmigen Flüssigkeiten den Durchgang gestattet; dass nur solche Stoffe den Durchgang erzwingen, welche das Epidermisgewebe chemisch verändern oder zerstören: die sogenannten ätzenden Stoffe, wie Alkalien und starke Säuren. Ist dagegen die Epidermis beseitigt, so gelingt einer grossen Menge von fixen Stoffen der Eintritt in den Körper. Dies lehren besonders Versuche mit den fixen Giften, welche nur bei verletzter Epidermis den damit Manipulirenden gefährden. Unter normalen Verhältnissen gestattet die Epidermis der Luftthiere nur dem Sauerstoff Eintritt und haucht dafür Kohlensäure aus, welche aus dem in der Lederhaut cirkulirenden Blute stammt (Hautathmung). Wie vielen Antheil an der Bildung des Schweisses die Epidermis allein und welchen ihre Organe, die Hautdrüsen, daran haben, ist noch nicht ermittelt (siehe darüber bei den Organen). 2) Für den Kräftewechsel ist von Wichtigkeit, dass die Epidermis ein sehr schlechter Leiter für alle Arten von Reizen ist. Sie bildet also auch in dieser Beziehung ein Schutzmittel, nach dessen Entferfernung Reize, die sonst einfache Tasteindrücke liefern, Schmerzempfindungen hervorrufen, während umgekehrt starke Dickezunahme der Epidermis die Reizeinwirkung bedeutend mindert. Neuerdings will man übrigens bei Säugern gesehen haben, dass feinste Nervenenden in die unterste Lage der Epidermis eindringen.

2) Die Lederhaut.

Sie verdankt ihre physiologischen Eigenschaften vorzugsweise ihrem Reichthum an Blutgefässen und Nervenendigungen, was freilich nur für die Thiere mit starker Entwicklung dieser Schicht gilt. Der Stoffwechsel äussert sich in der schon genannten Hautathmung, der Bildung des Hautschweisses und einer entschiedenen, sehr grossen Resorptionsfähigkeit für fixe Stoffe, sobald die ein Hinderniss bildende Epidermis entfernt ist. Der Qualität nach ist der Stoffwechsel bei den Luftthieren eine Abgabe von Wasser (das meist unmittelbar verdunstet, selten vorher eine Schicht tropfbarer Flüssigkeit bildet), Salzen (besonders Chloralkalien neben geringen Mengen von phosphorsauren und schwefelsauren Alkalien), organischen Stoffen, flüchtiger Fettsäure (Ameisensäure, Buttersäure, Essigsäure), Fett (Fettseifen, Cholestearin und Harnstoff) und Kohlensäure; aufgenommen wird nur Sauerstoff, unter Umständen vielleicht Wasser. Die quantitativen Verhältnisse des Stoffwechsels

werden bedingt durch den sehr wechselnden Blutreichthum (siehe hierüber Gefässsystem). In Bezug auf die Wachsthumsvorgänge besteht ein gewisses Verhältniss der Ausschliessung zwischen den oberflächlichen Schichten der Lederhaut und dem Unterhautzellgewebe bei reichlicher Production von Epidermisgebilden und Hautsekreten; an der Oberfläche findet mindere Fettablagerung im Unterhautzellgewebe statt und umgekehrt.

In Bezug auf den Kräftewechsel gilt, dass die Haut der Hauptausgabeort für die im Körper erzeugte Wärme und der Sitz des Tastvermögens ist. Die Wärme verlässt den Körper theils durch Strahlung, theils durch Leitung, theils dadurch, dass bei der Abdunstung des Schweisses Wärme gebunden wird. Die Menge der verausgabten Wärme hängt theils von der Natur und Temperatur des Aufenthaltsmediums ab (ist also im Wasser grösser als in der Luft, in kalter Luft grösser als in warmer, in trockener grösser als in feuchter), theils von dem wechselnden Blutreichthum der Lederhaut. Die Haut bezieht die zur Verausgabung kommende Wärme nicht nur aus den tieferen Schichten durch das Blut, sondern producirt sicher nicht unbedeutende Wärmemengen in sich selbst, und zwar theils durch die dort stattfindenden Oxydationsprocesse, theils durch die in den feinen Blutgefässen stattfindende Reibung des Blutes; darauf deutet der Gefässreichthum der Lederhaut bei den warmblütigen Thieren. (Ueber das Tastvermögen siehe Nervensystem.) Endlich ist noch zu erwähnen, dass die Lederhaut auch Contraktionserscheinungen zeigt, hervorgebracht durch contraktile Zellen. Hierher gehören die bei niederen Thieren so häufigen Farbenveränderungen, veranlasst durch die Contraktionen der Farbstoffzellen; dann die Bewegungen, welche dadurch erzeugt werden, dass die Hautorgane häufig von Muskelfasern umgeben sind; besonders gilt das von den Federn, den Haaren und auch von vielen Drüsen, besonders den Milchdrüsen (Aufrichten der Federn, Sträuben der Haare, Erection der Brustwarzen, Gänsehaut etc.).

3) Muskelschicht des Hautmuskelschlauchs.

Hier handelt es sich selbstverständlich weder um eine Absonderung nach aussen, noch um eine Resorption von aussen, sondern nur um Stoffaustausch zwischen den durchcirkulirenden Ernährungsflüssigkeiten und den fixen Bestandtheilen der Schicht, dem Muskelgewebe und den dazwischen eingeschalteten Bindegewebsplatten. Dieser Stoffwechsel, dessen Chemismus schon im vorhergehenden Paragraphen besprochen, wird in seinen quantitativen Verhältnissen bestimmt durch die Menge des in einem gegebenen Zeitabschnitt durchströmenden Blutes. Diese ist haupt-

sächlich bedingt durch die Häufigkeit der Contraktionen des Muskelgewebes.

Bei dem Kräftewechsel sind das wichtigste die Wärmeproduktion und die Contraktionen der Muskelfasern. Die erstere hat eine dreifache Quelle, einmal die Oxydation in den Geweben und dem durchkreisenden Blut, dann die Reibung erzeugenden Widerstände, welche das durchcirkulirende Blut findet und drittens die Reibungen, welche die sich contrahirenden Muskeln erfahren. Da die Wärme und die durch die Contraktion geäusserten mechanischen Kräfte aus der gleichen Quelle stammen, so muss die Wärmeproduction in umgekehrtem Verhältniss stehen zur Production von mechanischer Kraft: Je stärker sich bei den Contraktionen die Muskelschicht erwärmt, um so geringer die erzeugte Kraftmenge (deshalb sind Menschen und Thiere, die rasch echauffirt werden, keiner grossen Kraftleistungen fähig). Von den Contraktionen gilt vor allem, dass sie unter dem Einfluss des Willens stehen, von ihm ausgelöst und gehemmt werden können. Die dabei frei werdenden mechanischen Kräfte werden verwendet:

1) Zur Veränderung der Körperumrisse, wenn nur einzelne Theile der Muskelschicht sich zusammenziehen;

2) zur Verminderung des Körpervolums, wenn allseitige Zusammenziehungen stattfinden und ein Entweichen von Flüssigkeiten aus dem Körper möglich ist; solche Flüssigkeiten sind Inhalt der Verdauungshöhle, der Luft- und Wassergefässe etc.;

3) zur Ortsbewegung; deren Zustandekommen setzt einmal bestimmte Anordnungen der contraktilen Theile, dann Vorrichtungen voraus, auf welche die Contraktionen bewegend wirken können (nennen wir sie Widerstände), drittens Vorrichtungen, welche in activer Weise die Wiederausdehnung der contrahirten Theile bewirken (antagonistische Vorrichtungen) und viertens auf der Oberfläche des Körpers angebrachte Sperrvorrichtungen, welche bewirken, dass das Thier nach einer bestimmten Richtung leichter den Widerstand der umgebenden Medien überwindet als nach allen andern. Aus der grossen Mannigfaltigkeit der möglichen Vorrichtungen seien die wichtigsten hervorgehoben:

a) die Muskelfasern verlaufen nur circulär. In diesem Fall leisten den Widerstand im Innern vorhandene Flüssigkeiten, und wenn diese durch eine Oeffnung entweichen können, so wird das Thier nach dem Gesetz des Rückstosses in der entgegengesetzten Richtung fortgestossen; so erfolgt das Schwimmen der Salpen, Quallen und anderer Wasserthiere; die antagonistische Vorrichtung, in diesem Fall ist eine passive: die Elasticität der sehr mächtigen Lederhaut;

b) die Muskelfasern verlaufen nur longitudinal. In diesem Fall sind Hartgebilde nothwendig, um den Muskelfasern Widerstand

zu leisten. Ein solches ist die Wirbelsäule der Wirbelthiere, die einen steifen, aber in Folge seiner Gliederung biegsamen Stab darstellt. Um ihn herum ist die Muskelmasse in vier Stränge geordnet, eine gleichzeitige Spannung der ganzen Muskelmasse bringt nun blos eine Zusammenpressung des Stabes hervor; sobald sich aber ein Strang allein spannt, wird der Stab nach der betreffenden Seite hin gebogen; spannt sich der entgegengesetzte, so erfolgt die umgekehrte Biegung (active antagonistische Vorrichtung). Diese abwechselnden Biegungen des Leibes müssen, wenn sie in einem Widerstand leistenden Medium ausgeführt werden und Sperrvorrichtungen vorhanden sind, wie Flossen, Stacheln etc., welche das Fortgleiten des Körpers nur nach einer bestimmten Richtung gestatten, nach dem Gesetz der schiefen Ebene eine Fortbewegung überhaupt, und, nach dem Gesetz vom Parallelogramm der Kräfte, eine solche in der Richtung der Längsaxe des Körpers bewirken; so schwimmen z. B. die Fische und bewegen sich die Schlangen;

c) die Muskelfasern liegen in gekreuzter Anordnung als Rings- und Längslage, und zwar die erstere immer aussen. In diesem Fall können die Skeletbildungen fehlen, weil active Widerstände vorhanden sind. Die Spannung der Ringmuskeln bildet nämlich theils direct, weil sie die Längsmuskeln umfasst, einen Widerstand gegen deren Dickezunahme bei der Verkürzung, theils indirect, indem sie auf die im Innern des Leibes befindlichen Flüssigkeiten, sofern sie nicht entweichen können, so wirkt, dass dieselben beiderseits gegen die Endpunkte der Längsaxe andringen, mithin der Verkürzung der Längsmuskeln ein Widerstand bereitet wird. Man kann sich auch so ausdrücken: das Thier hat jetzt in seinem Leibe eine steife, d. h. in der Längsaxe nicht comprimirbare, wohl aber biegsame Flüssigkeitssäule, welche mechanisch denselben Dienst leistet, wie der steife gegliederte Knochenstab, den die höheren Thiere an ihrer Wirbelsäule besitzen. Sobald sich jetzt nicht alle Längsmuskeln zugleich spannen, muss eine Biegung des Körpers erfolgen, die sich umkehrt, wenn die Fasern auf der entgegengesetzten Seite des Querschnittes sich spannen. Von diesen abwechselnden Biegungen gilt das schon oben gesagte, ebenso von der Sperrvorrichtung. So bewegen sich die Würmer und ähnliche nicht mit besonderen Bewegungsorganen ausgerüsteten skeletlosen Thiere. Ueber die gesonderten Bewegungsorgane, wie Füsse, Flügel, Flossen etc., deren Stellungsveränderung gleichfalls der Muskularis des Hautmuskelschlauchs zukommt, siehe später.

4) Das Perigastrium.

Es ist in seiner einfachsten Form nur ein Behälter für die Ernährungsflüssigkeit. Da es in offener Communikation mit den

die Muskularis durchsetzenden Spalträumen steht, so können wir ihm geradezu die Function des Gefässsystems zuerkennen; siehe nächsten Paragraph.

Auf zweiter Organisationsstufe, wenn ein mit eigenen Wandungen versehenes, aber an den feineren Ausläufern offenes Gefässsystem vorhanden ist, wird es einmal vom Perigastrium und dessen Ausläufern eingescheidet, und fürs zweite haben diese die Verrichtung, die an den peripherischen Enden der Gefässe austretende Ernährungsflüssigkeit wieder centripetal zu leiten in eigene sogenannte Sinus, welche nichts anderes sind als mehr oder weniger abgegrenzte, das pumpende Centralorgan des Gefässsystems enthaltende, Kammern des Perigastriums, aus welchem diese Pumpen die Ernährungsflüssigkeit wieder einsaugen. Bei den Thieren mit geschlossenem Blutgefässsystem, wo die Venen die Centripetalleitung besorgen, enthält das Perigastrium eine eigene Sorte von Ernährungsflüssigkeit, die Lymphe, welche unabhängig von dem in den Gefässen enthaltenen Blut cirkulirt — wie? siehe unten bei den Systemen. — Auf der vierten Organisationsstufe haben sich das Perigastrium und seine Ausläufer zum Theil mit festem Bindegewebe erfüllt und die dasselbe noch durchziehenden Lymphcanäle sind gleichfalls mit eigenen Wandungen versehen. Jetzt ist die Rolle des Perigastriums die: es hat die Blut- und Lymphgefässbahnen zu bilden, die Gefässe vor einseitigem Druck zu bewahren, ihre Verschiebungen zu ermöglichen etc. Dasselbe passive Verhalten, in welchem das Perigastrium zur Stoffcirkulation steht, hält es auch ein zur Kraftcirkulation, indem es das Nervensystem ebenso einscheidet, wie das Gefässsystem. Endlich funktionirt es noch als Behälter für die perigastrischen Organe und tritt in die im morphologischen Theil geschilderte Beziehung zur Cirkulation der Aufenthaltsmedien.

5) Die serösen Säcke.

Lungenfell, Herzbeutel und Bauchfell haben eine wesentlich mechanische Vorrichtung; sie scheiden die Gebilde, zu denen sie in Beziehung treten, ein, bilden Aufhängebänder für sie und gestatten deren nothwendige Verschiebungen dadurch, dass sie eine im normalen Zustand sehr geringe Menge einer Flüssigkeit absondern, welche ihren Abfluss durch feine Lymphgefässe zu finden scheint, deren Oeffnungen man neuerdings nachgewiesen haben will. Diese Flüssigkeit hat ungefähr die chemische Zusammensetzung der Lymphe.

6) Die Muskularis des Darms.

Ihre Contraktionen stehen nicht unter dem Einfluss des Willens, weder in Bezug auf Entstehung, noch Unterbrechung, und

werden im normalen Zustand auch nicht empfunden. Sie besorgen die Fortleitung der in den Nahrungskanal eingetretenen Stoffe durch die sogenannten peristaltischen Bewegungen. Diese bestehen darin, dass eine örtliche Contraktion der Ringmuskeln sich von einer Stelle ganz allmählig so über das Darmrohr fortpflanzt, dass, sobald die nächste Stelle sich contrahirt hat, die unmittelbar vorhergehende wieder in den Zustand der Erschlaffung tritt. Das Vorschreiten dieser ringförmigen Contraktionswelle schiebt den Inhalt des Darms vor sich her und die Längsmuskeln bilden die antagonistische Vorrichtung, welche verhindert, dass der fortgeschobene Inhalt den Darm in die Länge dehnt, statt in demselben fortzugleiten. Die Contraktionswelle schreitet übrigens nicht immer in der Richtung vom Mund zum After vor, sondern auch umgekehrt — motus antiperistalticus; — darauf beruht das normale Erbrechen (Gewöllausstossung etc.) und das krankhafte. Bei der endlichen Ausstossung des Kothes durch den After und auch beim Erbrechen tritt meist zu der peristaltischen Bewegung der Darmmuskularis noch die Zusammenziehung eines Theils der Muskularis des Hautmuskelschlauchs (Bauchpresse), um den Widerstand der Schliessmuskeln zu überwinden (siehe unten).

7) Schleimhaut des Darms.

a) Die Bindeschicht.

Sie entspricht bekanntlich der Lederhaut des Hautmuskelschlauchs und verdankt ihre Verrichtungen gleichfalls dem Reichthum an Blut- und besonders an Lymphgefässen. Durch sie werden erstens die im Darm gelösten Nährstoffe und das emulsirte Fett aufgesaugt und zweitens das Material für die Bildung der Verdauungsflüssigkeiten geliefert. Zur Aufnahme von Sauerstoff und Abscheidung von Kohlensäure ist die Schleimhaut des Darms gleichfalls befähigt und bei manchen Thieren (Libellenlarven, Moorgrundeln vielen Mollusken etc.) gibt es eine Darmathmung; bei den meisten Thieren spielt sie aber eine sehr unbedeutende Rolle, weil gar keine oder nur sehr geringe Mengen von Luft mit der fixen Nahrung verschluckt werden. Die grosse Resorptionsfähigkeit verdankt die Bindeschicht des Darms nicht nur ihrer eigenen Beschaffenheit, sondern auch derjenigen des

b) Darmepithels,

welches im Gegensatz gegen die Epidermis ausserordentlich permeabel ist. Diese Permeabilität beruht auf der Porosität der gegen die Darmlichtung gewendeten Seite der Epithelzellen (siehe morpholog. Abschnitt), ihrem höheren Quellungsgrad und der Zartheit der

gegen die Bindeschicht gerichteten Membranseite. Permeabel ist das Epithel für gelöste Stoffe; ob feste Partikelchen kleinster Dimension hindurch können, ist noch nicht erwiesen. Während einige Forscher die Möglichkeit behaupten, stellen sie die anderne in Abrede und deuten die fürs Gegentheil sprechenden Fäll für solche, wo das Epithel abnormer Weise abgelöst war. Seit man vermuthet, dass gewisse Krankheitsstoffe (die, welche man bisher Miasmen und Kontagien nannte) kleinste Organismen seien, ist die Entscheidung über die Durchgängigkeit der Epithelien für feste Partikelchen von grosser Wichtigkeit geworden. Der Durchtritt der Fette setzt voraus, dass dieselben einmal flüssig, dann in sehr fein vertheiltem Zustande und dass die Epithelien mit Galle getränkt seien. Von den gelösten Stoffen wird den Albuminaten der Durchtritt verweigert, nur die Eiweisspeptone können passiren. Von den Giften gilt folgendes: Während die meisten derselben die Epidermis nicht durchdringen, leistet das Darmepithel nur dem Eindringen des Schlangengiftes, des Pfeilgiftes und des Emulsins (das bekanntlich mit Amygdalin Blausäure liefert) Widerstand.

Anmerkung. Ueber den Kräftewechsel der beiden zuletzt genannten Schichten weiss man noch nicht viel genaues. Empfindlichkeit besitzt die Schleimhaut jedenfalls, sie ist aber gering, und eigene Nervenendapparate sind noch nicht gefunden, dagegen besitzt die Bindeschicht des Darms eine zarte Lage contraktiler Zellen, deren Zusammenziehungen wahrscheinlich die Entleerung des Drüsensaftes unterstützen. Wärmeproduction kommt sicher allen drei Schichten des Darms ebenso gut zu wie jedem lebendigen Gewebe.

§. 22. Physiologie der Segmente.

So lange die Segmente einander alle gleichwerthig (homonom) sind, stehen sie in offenbarer Beziehung zur Individuenvermehrung: indem jedes für sich alle zum Begriff eines thierischen Organismus gehörige Theile und Verrichtungen besitzt, ist es im Stande, bei seiner Trennung von den übrigen für sich fort zu existiren und auf dem Wege der Regeneration neue Segmente aus sich hervorknospen zu lassen. Diese biologische Function tritt in den Hintergrund resp. verschwindet ganz, sobald die Segmente tiefergreifende Unterschiede von einander zeigen; dann bilden sie ein Mittel zur Localisation der Funktionen.

Die allgemeinste, schon bei homonomer Segmentirung eintretende Localisation bezieht sich 1) auf die Nahrungsaufnahme: Bei den radialsegmentirten Thieren liegt der Mund meist in dem einen Mittelpunkt der Segmente, der After im entgegengesetzten (die Ausnahmen lehrt die spezielle Zoologie); bei den linearsegmentirten tragen die vorderen Segmente den Mund und die ihm beigegebenen Werkzeuge der Nahrungsaufnahme und Nahrungszerkleinerung, das letzte Segment den After; 2) auf die Reizwahrnehmung: Die Organe

der Lichtempfindung setzen sich fest auf die vordersten Segmente, sehr selten auf alle (wie bei Strahlthieren) oder auf die vorderen und hinteren (wie bei einigen Würmern).

Bei heteronomer Segmentirung richtet sich die Art der Lokalisation natürlich nach der Art der Segmentirung. Es sollen hier nur zwei Fälle besprochen werden:

1) Bei den aus drei Segmentgruppen bestehenden Insekten besorgt die erste, der Kopf, die Aufnahme der fixen Nährstoffe, die Vermittlung der chemischen Reize (Geschmack und Geruch, letzteres allerdings noch fraglich), die Lichtwahrnehmung, sowie Tastempfindungen. Der Brust fällt ausschliesslich oder wenigstens in hervorragendem Maasse die Ortsbewegung anheim, das Abdomen enthält die Verdauungs- und Zeugungsapparate mit ihren Ausführungsgängen. Nicht lokalisirt ist meist bei ihnen die Athmung, da oft alle Segmente, mit Ausnahme derer des Kopfes, Athemlöcher enthalten. Die Schallwahrnehmung ist entweder nicht lokalisirt oder hat einen wechselnden Sitz.

2) Bei den Wirbelthieren funktionirt der Kopf als Träger aller höheren Sinneswahrnehmungen und psychologischen Funktionen, als Ausüber der Nahrungsaufnahme und mittelbar oder unmittelbar auch des Athmungsgeschäftes, indem die Athmungswerkzeuge entweder an ihm selbst sitzen (Kiemen der Fische) oder wenigstens an ihm ausmünden (Luftröhre). Der Hals bedingt die Freibeweglichkeit des Kopfes gegenüber dem Rumpf (wo er fehlt, wie bei den Fischen, mangelt dieselbe) und enthält die Leitungskanäle für die Nahrungs- und Gasaufnahme. Die Brust ist bei den luftathmenden Wirbelthieren in erster Linie Athmungsorgan; sie enthält die Lungen und bewirkt durch die Bewegungen ihrer Muskularis die wechselnde Füllung derselben mit Luft, entweder allein oder im Verein mit dem Zwerchfell (siehe später bei den Organen). In zweiter Linie beherbergt sie das Herz und trägt das erste Gliedmassenpaar, das sie durch den an ihr sitzenden Muskelgürtel bewegt. Der Bauch enthält den grössten Theil des Darmkanals mit seinen Organen, ist also der Sitz der Verdauung und Aufsaugung. Als Träger der Nieren besorgt er die Harnabscheidung, als der der Geschlechtsorgane die Fortpflanzung, und als der der hinteren Gliedmassen nimmt er Theil an der Ortsbewegung. Die Kothentleerung und die Ausstossung der Jungen und Eier geschieht dadurch, dass zu den Contraktionen des Darms resp. des Fruchthälters noch die sogenannte Bauchpresse hinzukommt. Sie besteht in Folgendem: Der erste Akt ist eine passive Verminderung des Bauchraums durch starke Erfüllung der Lunge mit Luft, wodurch die zwischen Brust und Bauch ausgespannte muskulöse Scheidewand, das Zwerchfell, gegen den Bauch herabgedrängt und durch Verschluss der Luftwege in dieser Stellung fest-

gehalten wird. Darauf folgt ein aktiver allseitiger Druck von Seite der den Bauchraum umgebenden Muskeln. Die Spannung der an der Bauchseite liegenden geraden Bauchmuskeln verkürzt seinen vorderen Längsdurchmesser; die Spannung des Zwerchfells und der den Beckenausgang verschliessenden Muskeln verkürzt den medianen Längsdurchmesser und die Zusammenziehung der queren und schiefen Bauchmuskeln verkürzt alle Querdurchmesser. Der Schwanz, der nur eine Fortsetzung des Hautmuskelschlauches ohne Darmschlauch ist, hilft entweder mit bei der Ortsbewegung, ist in selteneren Fällen Greiforgan, oder dient sonstigen von der speziellen Zoologie zu besprechenden biologischen Zwecken.

§. 23. Physiologie der Gefässsysteme.

Den Gefässsystemen liegt wesentlich die intermediäre Stoffcirkulation ob bei allen thierischen Organismen, bei welchen die einzelnen Abschnitte des Leibes sich nicht direkt verproviantiren können.

Bekanntlich giebt es zweierlei Gefässsysteme: das der Aufenthaltsmedien und das der Ernährungsflüssigkeiten.

a) Das System der Aufenthaltsmedien führt bei den ächten Wasserthieren Wasser, bei den ächten und tauchenden Luftthieren Luft.

α) Das Wassergefässsystem ist in seinen Verrichtungen noch nicht genügend erkannt. Sicher ist, dass dasselbe dazu dient, in den Thierkörper direct Wasser einzuführen. Dieses bewegt sich bei einigen, z. B. den Stachelhäutern, in einem geschlossenen Gefässsystem, in welchem es durch die Thätigkeit der dasselbe auskleidenden Flimmerhaare in der Richtung von den Einmündungen gegen die Verzweigungen hingetrieben wird, während die entgegengesetzte Bewegung durch die Zusammenziehung des Hautmuskelschlauchs hervorgebracht wird. Die Folgen dieses Vorgangs sind für die Organismen von mehrfacher Natur: Erstens hydrostatische Wirkungen; die Thiere sind befähigt, in verschiedenen Wassertiefen gleich gut zu leben, da der äussere Wasserdruck sich rasch und leicht mit den innerhalb des Körpers herrschenden Druckverhältnissen ins Gleichgewicht setzt. Zweitens bedienen sich diese Thiere der Wassergefässe zur Ausdehnung ihrer Bewegungswerkzeuge, da die Endzweige in letztere eindringen und eine Injektion derselben gestatten. Drittens dient das System dem Stoffwechsel, da das eingedrungene Wasser mit Nothwendigkeit in endosmotische Wechselwirkung mit den Ernährungsflüssigkeiten tritt; diese werden ihm Sauerstoff entziehen und Kohlensäure dafür abgeben (was allerdings noch direkter Untersuchung bedarf) und so dient es der Athmung. Ausserdem werden auch fixe, in der Ernährungs-

flüssigkeit gelöste Stoffe in das Wassergefäss hineintreten, um mit dem Wasser dann nach aussen zu gelangen. Betreffs der Art dieser Stoffe hat man nur die Vermuthung, dass sie ähnliche Verbindungen seien, wie die im Harn auftretenden. Eine andere Modification ist die, bei welcher das Wasser direkt der Ernährungsflüssigkeit beigemengt wird; das Resultat muss auch hier das gleiche sein. Zufuhr von sauerstoffhaltigem Wasser, Abschwemmung von Kohlensäure und fixen Absonderungsstoffen. Die Richtung der Wasserbewegung in diesen nach innen offenen Gefässen ist bald centripetal, bald centrifugal; im ersteren, bei Mollusken beobachteten, Falle wird das Wasser durch ein pumpendes Anfangsstück von aussen aufgenommen und nach einwärts getrieben. Der Austritt geschieht dann wohl durch feine Poren des Hautmuskelschlauches. Bei den Würmern bewegt sich die Flüssigkeit von innen nach aussen durch die in den Kanälen angebrachten Flimmerapparate. Man nimmt dann an, dass der Eintritt durch feine Hautporen ins Perigastrium erfolgt.

β) Ein Luftgefässsystem findet sich bei den Insekten, Spinnen nnd Tausendfüssen und unter den Wirbelthieren bei den Vögeln. Seine Verrichtung ist die Sauerstoffzufuhr und Kohlensäureabscheidung, eine Nebenverrichtung die Stimmbildung und Verminderung des spezifischen Gewichtes, wodurch das Flugvermögen gesteigert wird. Im Luftgefässsystem der Gliederthiere wird die Luftcirkulation in folgender Weise bewerkstelligt: Durch rhythmische Contraktionen des Hautmuskelschlauches wird die Luft ausgepresst und bei der Expansion ist es die Elastizität der die Gefässe auskleidenden Chitinhaut, welche ein neues Luftquantum aspirirt. Die Stimmbildung beruht darauf, dass an den Ausmündungen (Stigmen) mittelst eines eignen Muskelapparates eine schwingungsfähige Chitinlamelle vorgespannt werden kann, welche durch die vorbeistreichende Luft in Bewegung gesetzt wird. Das Luftgefässsystem der Vögel erhält seine Füllung zum Theil durch die Lunge, zum Theil durch die Ohrtrompete. In wie weit eine Lufterneuerung vorhanden, ist noch nicht untersucht, nur gewiss, dass hier ein Flimmerepithel vorhanden ist, welches eine gewisse Durchmischung besorgt und dass die Bewegungen des Hautmuskelschlauches Einfluss nehmen müssen auf den Füllungsgrad. Die Verrichtung ist wahrscheinlich theils eine respiratorische, theils unterstützt die Vertheilung von warmer Luft in dem Körper das Flugvermögen durch Verminderung des spezifischen Gewichtes; es ist deshalb dieses Luftgefässsytem im allgemeinen am ausgebildetsten bei guten Fliegern und fehlt ganz oder fast ganz denjenigen, welche nicht fliegen können.

b) Das System der Ernährungsflüssigkeiten dient der intermediären Stoffcirculation: es besorgt die Aufnahme der

Nährstoffe auf den für ihr Eindringen geeigneten inneren oder äusseren Körperoberflächen, verfrachtet sie zu den dieselben consumirenden lebendigen Geweben, nimmt deren Zersetzungsproducte entgegen und verfrachtet auch sie an die zur Excretion bestimmten Oberflächen. Dabei findet, wie schon früher angegeben, ein gewisser chemischer Umsatz auch in der Ernährungsflüssigkeit selbst statt. Ueber die treibenden Kräfte wurde bereits früher gesprochen, ebenso über den Chemismus der Ernährungsflüssigkeit; es bleibt deshalb hier noch der Weg und die Vertheilung der Ernährungsflüssigkeiten zu erörtern. Auf der niedersten Organisationsstufe des Systems, wobei die Ernährungsflüssigkeit ohne gesonderte Wandungen das Perigastrium und die Gewebslücken erfüllt, ist von einem geregelten Weg meistens nicht die Rede; sie wogt unregelmässig hin und her; eine Regelung tritt erst ein mit dem Vorhandensein eines pumpenden Herzschlauches. Dieser nimmt z. B. bei den Insekten durch seitlich angebrachte Klappen im Moment der durch die Flügelmuskeln bewirkten Expansion die Ernährungsflüssigkeit aus dem Perigastrium auf und treibt sie durch peristaltische Contractionen von hinten nach vorn gegen den Kopf, wo sie sich wieder ins Perigastrium und die Gewebslücken ergiesst. Hier muss sich, trotzdem dass eigene Wandungen fehlen, ein gewisser Kreislauf herstellen, bestehend aus Stromschleifen, welche alle am Kopfende des Rückengefässes beginnen und an den Klappenöffnungen enden. Wo das Herz sich in centrifugale Gefässe fortsetzt, die an ihren Enden offen sind, wird sich der Kreislauf zusammensetzen aus den Gefässbahnen selbst und frei in den Gewebslücken, zwischen den Gefässenden und Klappenöffnungen am Herz ziehenden Stromschleifen. Die Wirkung des Herzens besteht in beiden Fällen darin: Die Wandungen, zwischen welchen die Ernährungsflüssigkeit fliesst, besitzen einen gewissen Grad von Elasticität; das Herz bewirkt an den Ausflussstellen eine Erhöhung des hydrostatischen Druckes, an den Einmündungsstellen eine Verminderung; da nun diese beiden Regionen in offener Communication stehen, so muss immer eine Strömung von den Punkten höheren Druckes zu denen niederen Druckes stattfinden. Wo sich ein geschlossenes Gefässsystem vorfindet, erfolgt der Strömungsvorgang zwar regelmässiger, aber aus denselben Ursachen. Die Gefässwandungen sind elastisch. Das pumpende Herz vermehrt stetig den Druck in den centrifugalen Gefässen und vermindert ihn ebenso stetig in den centripetalen Gefässen woraus sich mit Nothwendigkeit eine Strömung von den ersteren zu den letzteren durch die Capillargefässe hindurch ergiebt. Diese Strömung ist in den centrifugalen Gefässen eine stossweise, weil jeder Zusammenziehung des Herzens (Systole) eine Erweiterung (Diastole) folgt, während welcher kein Blut in die Schlagadern

strömt. Hierauf beruht die Erscheinung des Pulsirens. Die Pulswelle wird aber in dem Maasse geschwächt, als ihr die Gefässtheilungen und die durch die Verästelung bewirkte Zunahme der Wandfläche gegenüber der offenen Lichtungen Widerstand entgegensetzen, wodurch die Strömung allmählig eine continuirliche wird. Dass die Strömung stets in gleicher Richtung vor sich geht, wird in erster Linie durch die im Herz angebrachten Klappen bewirkt, deren immer zweierlei vorhanden sind: solche, welche sich bei der Zusammenziehung des Herzens öffnen und bei der Ausdehnung schliessen, und solche, welche sich gegentheilig verhalten. Die ersteren sitzen an den Ausflussöffnungen des Herzens, die letztern an den Einflussstellen. Bei grösseren Thieren kommen noch Klappen im Bereich der centripetalen Gefässe hinzu, deren Vorhandensein noch eine weitere Folge hat: Die Venen, und besonders die Lymphgefässe, besitzen viel schwächere, weniger elastische Wandungen; überall da nun, wo die Flüssigkeit gezwungen ist, gegen ihre Schwere zu fliessen, würde der hydrostatische Druck eine übermässige Dehnung der Gefässwand veranlassen. Dem wirken die Klappen in den Venen und Lymphgefässen entgegen, indem sie die Blutsäule parzelliren und so den Druck auf die Gefässwandungen gleichmässiger vertheilen.

Ueber die Modificationen des Kreislaufes sei kurz Folgendes mitgetheilt. Bei den Thieren mit einfachem Herz (den Fischen) strömt das Blut durch eine nach vorn gerichtete Schlagader in die Kiemen, durchläuft deren Capillargefässwege, sammelt sich dann vorn, unterhalb der Wirbelsäule, in der nach rückwärts ziehenden Hauptkörperschlagader, von der es in die Capillarbezirke des Hautmuskelschlauches und Darmschlauches geht. Aus dem ersteren sammelt es sich in Hohlvenen, die es zum Herzen zurückführen; das Blut aus dem Darm sammelt sich in der Pfortader und durchströmt von da die Capillarbezirke der Leber, um sich erst dann mittelst der Lebervenen dem Blut der Hohladern beizugesellen. Somit durchläuft ein Theil des Blutes zwei Capillarbezirke (den der Kiemen und den des Hautmuskelschlauches), ein anderer drei Capillarbezirke (Kiemen, Darmcapillaren, Lebercapillaren), ehe es zum Herzen zurückkehrt. Bei den Thieren mit doppeltem Herzen (Vögel und Säuger) strömt das Blut aus dem linken Herzen direkt in die Körperschlagader (ohne zuvor Kiemencapillaren zu passiren), dann geht der eine Theil durch die Capillaren des Hautmuskelschlauches und die Hohlvenen, der andere durch die Capillaren des Darms, die Pfortader, die Capillaren der Leber, die Lebervenen und Hohladern zum rechten Herzen. Von dort geht alles Blut durch die Lungenschlagadern in das Capillarnetz der Lunge, aus dem es vermittelst der Lungenvenen zum linken Herzen gelangt (doppelter Kreislauf). Bei den Reptilien sind die beiden

Kreisläufe, der Lungenkreislauf und Körperkreislauf, nicht vollständig getrennt, da beide Blutsorten sich in der unvollständig getheilten Herzkammer und durch den Botalli'schen Gang, der die Körperschlagader und die Lungenschlagader verbindet, bis zu einem gewissen Grade mischen können.

Die Geschwindigkeit der Strömung hängt ab: 1) von der Zahl der Herzstösse, die bei kleinen Thieren immer grösser ist als bei grossen, bei Warmblütern grösser als bei Kaltblütern; 2) von der Blutmenge, welche jeder einzelne Herzstoss liefert und von der Weite des Strombettes. Da letztere in den Schlagadern vom Herz gegen die Capillarbezirke hin zunimmt, so muss die Geschwindigkeit entsprechend abnehmen; sie ist am geringsten in den Capillaren, nimmt in den Venen stetig wieder zu, ohne jedoch dieselbe Höhe zu erreichen, wie in den Schlagadern, da das Strombett der Venen immer grösser ist, als das der Schlagadern. Die absolute Geschwindigkeit hat man bei Säugern in der Halsschlagader zu ca. 300 Mm. in der Secunde, in den Capillarbezirken zu 0,6 Mm. gefunden. Die ganze Kreislaufdauer, d. h. die Zeit, bis ein bestimmtes Bluttheilchen an seinen Ausgangspunkt zurückkehrt, ist beim Pferd auf 27,6 Secunden berechnet worden, bei kleinen Thieren ist sie selbstverständlich kürzer und in der Ruhe grösser als bei körperlicher Bewegung.

Die Vertheilung der Blutmasse in den einzelnen Gefässprovinzen hängt ab 1) von der Entwickelung des Capillargefässnetzes; denn je engmaschiger dasselbe ist, desto mehr fasst es Blut; 2) von der Lichtungsgrösse des Gefässes; da alle grösseren Gefässe eine Muskelschicht besitzen, welche durch ihre Contraction die Lichtung verkleinern kann, so ist die in bestimmte Bezirke eindringende Blutmenge wesentlich abhängig von dem Contractionsgrade der Gefässmuskeln. In dieser Beziehung ist festgestellt, dass im gewöhnlichen Zustande die Gefässmuskeln sich im Zustande einer mässigen Contraction (Tonus genannt) befinden, bedingt durch eine mässige Erregung der vom Sympathicus stammenden Gefässnerven. Stärkere Erregung dieser Nerven steigert den Tonus und verengert die Gefässlichtung, Lähmung dieses Einflusses hat eine Verminderung des Tonus mit Erweiterung der Lichtung zur Folge; letztere tritt auch immer ein, wenn heftigere Reize den Tonus zuvor erhöht haben. Hierdurch findet eine Menge mehr oder minder rasch erfolgender Schwankungen in der Blutvertheilung ihre Erklärung. Nicht ausser Acht zu lassen ist, dass örtlicher Zunahme an einer Stelle eine Abnahme an anderen Orten entspricht; z. B. während der Verdauung sind die Capillarbezirke des Darms blutreicher, die der Haut und des Hautmuskelschlauches blutärmer etc. Diesen Schwankungen im Blutreichthum entsprechen Schwankungen in den örtlichen Stoff-

wechselprozessen und in der Wärmeproduction: die blutreicheren Theile zeigen constant eine höhere Temperatur, lebhafteren Stoffwechsel etc., als die ärmeren.

An den Thieren, welche nur einerlei Ernährungsflüssigkeit (Lymphe) besitzen, sind alle Aufgaben des intermediären Stoffwechsels dieser einen vorbehalten; wo dagegen deren zwei vorhanden sind, nämlich ausser der Lymphe noch das Blut, fällt die Hauptaufgabe dem Blutgefässsystem zu. Im letztern Falle hat das Lymphgefässsystem nur centripetalen Lauf und die Lymphe muss angesehen werden als ein Transsudat aus dem Blutgefässsystem und zwar aus dessen Capillarbezirk. Dieses Transsudat ist viel wasserhaltiger als das Blutserum, wird sicher auch noch durch den Verkehr mit den Gewebstheilen des Körpers verändert und fliesst nun aus den capillaren Anfängen den grösseren Stämmen zu, meist nur getrieben durch den Hinterdruck neuen Transsudates und die Bewegungen der contraktilen Körperbestandtheile, selten durch eigene Lymphherzen (siehe pag. 34). Auf dem Weg zu den Hauptstämmen passirt die Lymphe die Lymphgefässdrüsen (siehe pag. 52). Diese bilden zuerst eine Art Filter für sie; weiter schwemmt sie aus deren zelligem Theile die sogenannten Lymphkörperchen (farblose Blutkörperchen) ab, von denen sie zuvor nur sehr wenige führte. Welcher Art der Stoffwechsel zwischen Lymphe und Blut innerhalb dieser Lymphdrüsen sei, wurde noch nicht ermittelt. In den stärkeren Lymphgefässen wird die Stromrichtung durch zahlreiche Klappen sichergestellt und durch die Hauptstämme ergiesst sich die Lymphe in grössere Venenstämme, um sich wieder mit dem Blute zu vermischen. Den Lymphgefässen, welche im Darm mit einer im Centrum der Darmzotten liegenden Lymphhöhle entspringen, kommt neben der Ableitung des Transsudates aus den Blutcapillaren noch die Aufsaugung einzelner Theile des Speisebreies, insbesondere des Fettes zu, weshalb ihr Inhalt während der Verdauung milchig getrübt ist und zum Unterschied gegen die wasserhelle Lymphe Chylus genannt wird.

Mit der höheren Ausbildung des Blutgefässsystems tritt in ihm eine weitere Spezialisirung der Aufgaben ein. Die allgemeinste Zerfällung ist die Abspaltung eines respiratorischen Theils (Kiemen- oder Lungenkreislauf, siehe pag. 102). Starke Stämme senden in Kiemen oder Lunge das mit Kohlensäure belastete und deshalb dunkle Venenblut; in den Capillaren wird die Kohlensäure gegen Sauerstoff vertauscht und das Blut dadurch hellroth (Arterienblut). In den übrigen Theilen des Kreislaufs (Körperkreislauf) ist das Verhältniss umgekehrt: Die Hauptstämme führen dem Körper sauerstoffreiches hellrothes Blut zu, in den Capillarbezirken wird der Sauerstoff an die Gewebe abgegeben und Kohlensäure dafür eingetauscht, wodurch sich das Blut in dunkles Venenblut

verwandelt, um so zum Herzen zurückzukehren. Dem visceralen Theil des Blutgefässsystems fällt ausserdem die Aufsaugung aller Stoffe des Speisebreies zu. Das aus dem Darm abfliessende Blut kehrt nicht direkt zum Herzen zurück, sondern durchfliesst eine eigene Capillarität in der Leber (Pfortaderkreislauf), in welchem es als auffälligste Veränderung eine Vermehrung seines Zuckergehaltes und der farblosen Blutkörperchen, dagegen eine Abnahme von Wasser und Faserstoff (von letzterem oft bis zum Verschwinden) erfährt. Eine beträchtlichere Veränderung erleidet ferner das Blut bei seinem Durchgang durch die Milz, indem hier die Zahl der farblosen Blutkörperchen auf 1:60 farbigen steigt, während sonst beim Menschen z. B. nur ein farbloses auf 3—400 farbige kommt. In chemischer Beziehung ist eine constante Abnahme des Faserstoffs ermittelt, andere Aenderungen sind nicht constant. Die Veränderung in der Niere siehe später. Die anderen Gefässprovinzen sind noch nicht hinreichend studirt.

§ 24. Physiologie des Nervensystems.

Das Nervensystem ist das Organ der Reizcirculation und zwar mit folgenden Bestimmungen:

1) Die Bahnen der Circulation unabhängig zu machen von der Juxtapposition der Zellen. Bei den nervenlosen Organismen geschieht die Fortpflanzung der Reize so, dass die von dem Reiz zuerst getroffene Zelle durch ihre Contraction die nächstanstossenden Zellen mechanisch reizt. Diese gerathen ihrerseits in Bewegung und reizen dadurch ihre Nachbarn etc. Die Reizfortpflanzung geschieht also vom Einfallspunkt des Reizes aus, wie die Fortpflanzung einer Erschütterung in einer leblosen Masse, das heisst von dem getroffenen Punkt auf die benachbarten etc. Durch die Anwesenheit des Nervensystems ist die Möglichkeit gegeben, dass ein Reiz von dem Einfallspunkt an eine andere Stelle geleitet wird, ohne dass die dazwischen liegenden Zellen in irgend welche Mitleidenschaft gezogen werden. Dieser Erfolg ist dadurch ermöglicht, dass die vom Reiz zuerst getroffene Zelle ihre Contractionsfähigkeit verloren hat, also nicht mehr durch eigene Bewegungen ihre Nachbarn reizt, sondern nur den Reiz auf einen substanziell mit ihm verbundenen Leiter, den Nerv, überführt, und dass dieser selbst ein isolirter Leiter ist. Diese Isolation besteht nicht allein darin, dass die in dem Nerven durch dne Reiz erzeugte Stromesschwankung (pag. 72) in dem Nerv isolirt bleibt, sondern auch darin, dass sie keine Contraction in ihm hervorruft, denn eine solche würde, wie bei den nervenlosen Thieren, einen Reiz für die seitlich anstossenden Gewebe bilden.

2) **Die Reizcirkulation gewinnt an Geschwindigkeit.** Bei der direkten Reizfortleitung von einer Zelle zur benachbarten kommt Folgendes in Betracht: Die Zelle dürfen wir als elektrisch isolirt ansehen, d. h. der Erregungsvorgang pflanzt sich über sie hinaus nicht direct fort, sondern findet in der Zellmembran eine vollständige oder theilweise Hemmung. Erst wenn er eine Contraction in dem Protoplasma und diese eine Durchmesserveränderung der Zelle hervorgerufen, wirkt diese letztere als mechanischer Reiz auf die anstossenden Zellen und so fort. Die Reizcirculation erfährt also nicht blos die Hemmung, welche aus der Leitungsfähigkeit des Protoplasmas überhaupt resultirt, sondern es ist bei jedem Uebergang des Reizes von einer Zelle zur andern noch die früher (pag. 84) erwähnte Latenzdauer des Reizes hinzuzurechnen. Bei der Reizcirculation auf den Bahnen des Nervensystems kommt die Latenzdauer nur ein einziges Mal in Betracht und dann haben wir pag. 86 gesehen, dass die Reizfortleitungsfähigkeit des Protoplasmas im Nerven eine bedeutende Steigerung erfahren hat.

3) Das Nervensystem bietet die Möglichkeit, **die Kraftentbindung, d. h. die Contraction, örtlich unabhängig von dem Einfallspunkt des Reizes zu machen.** Beim nervenlosen Thiere bewegt sich nicht nur zuerst, sondern auch am intensivsten die vom Reiz direct getroffene Stelle; das Nervensystem erst ermöglicht, dass die Bewegung an einem ganz andern Orte ausgelöst wird, als da, wo der Reiz einfällt.

4) Bei den anorganischen Körpern stehen bei gleicher Reizstärke die an zwei Körpern hervorgerufenen Bewegungserscheinungen in umgekehrtem Verhältniss zu ihrer Masse; die Temperaturerhöhung z. B., welche zwei verschieden grosse Stücke von Eisen durch eine bestimmte Wärmesumme erfahren, ist bei dem kleineren Stück grösser als bei dem grossen. Bei den nervenlosen Thieren ist dies meist so: zu dem eingedrungenen Reizquantum addiren sich alle die durch den Reiz ausgelösten, im Protoplasma vorhandenen latenten Reize und deren Summe nimmt mit der Masse zu, allein nur so, dass im günstigsten Falle jedes Körpertheilchen ebenso viele Kräfte entbindet, als das von dem Reiz zuerst getroffene; meistens aber wird nicht einmal das erreicht, da die Bewegung, welche die erste Zelle in Folge des erhaltenen Reizes ausübt, mehrere, d. h. alle an sie anstossenden, Zellen reizen muss. Vorausgesetzt also, dass unterwegs gar nichts verloren ginge, so kann die Bewegung der zuletzt angestossenen Zelle nie eine grössere sein, als die der zuerst angestossenen. Bei den Nerventhieren dagegen liegt in dem früher (pag. 86) beschriebenen **lawinenartigen Anschwellen des Reizes**, d. h. in der Zunahme der Reizstärke mit der Länge der Nervenbahn, ein Mittel

nicht nur die Bewegungserscheinung auf einen ganz bestimmten Punkt zu dirigiren, sondern auch dieselbe um so ausgiebiger zu machen, je entfernter der Punkt vom Einfallsort des Reizes ist.

5) Wenn nun auch bei den nervenlosen Thieren die durch den Reiz hervorgerufene Bewegungsmenge nicht mehr wie bei den anorganischen Körpern in umgekehrtem, sondern in geradem Verhältniss zur lebendigen Masse des Thieres steht, so können sich die Bewegungen der einzelnen Theile doch nicht summiren, da dieselben durch Zeitintervalle getrennt sind. Bei den Nerventhieren dagegen ist die Möglichkeit einer gleichzeitigen Auslösung der latenten Kräfte; wenn nicht aller, so doch sehr vieler Körpertheile gegeben und dies hat den Vortheil, dass ein weit grösserer Theil der Kräfte nach aussen hin wirksam gemacht wird, anstatt auf innere Reibung verwendet zu werden.

6) Bei den Nerventhieren erst ist eine Sonderung der Reizarten möglich. Undifferenzirtes Protoplasma ist für alle Reizarten empfänglich und der Erregungsvorgang in ihm zeigt nur quantitative Differenzen, nicht aber qualitative, je nach der Reizart, durch welche er hervorgerufen wurde. Mit der Anwesenheit des Nervensystems und seiner Verzweigung durch alle Körpertheile muss es aber kommen, dass einzelne Nervenenden in eine Lage gerathen, in welcher sie nur von bestimmten Reizarten (adäquaten Reizen) getroffen werden können. Dies führt zunächst zur Lokalisirung bestimmter Reizempfindungen auf bestimmte Körpertheile und dies ist die erste Vorbedingung für die Unterscheidbarkeit derselben durch die Organe des Selbstbewusstseins; denn diese beruht nur auf der Uebung.

7) Mit dem Nervensystem scheint erst die materielle Grundlage für die höheren psychischen Funktionen und zwar in den Centralorganen derselben gegeben zu sein und diese Funktionen basiren darauf, dass die Reizeindrücke mehr oder weniger lang dauernde Nachbilder in den Centralorganen zurücklassen, die

a) zu nachfolgenden Reizeindrücken in Beziehung treten können, und zwar in doppelter Weise, entweder indem sie die Weiterleitung des Reizes hemmen, und zwar dauernd oder nur zeitweilig, oder indem sie zu dem neu in Circulation gesetzten Reize sich hinzuaddiren und denselben verstärken;

b) noch weiter zu einander in Beziehung treten, d. h. sich wechselseitig hervorrufen, paralysiren, zu Gesammtnachbildern gruppiren und

c) den Ausgangspunkt für centrifugal (zu Bewegungszellen oder Secretionszellen) gehende Reizungen bilden können.

Bei der Reizleitung hat man zu unterscheiden

1) centripetalleitende Bahnen, die an den Einfallspunkten der äusseren Reize beginnen und in einem Centralorgan enden; man nennt sie sensitive oder empfindende Nerven. An ihrer Leistung haben wir zweierlei zu unterscheiden, die Sinnesempfindung und das Gemeingefühl. Die Differenz zwischen beiden besteht darin, dass das Gemeingefühl als Erregungszustand eines bestimmten Körpertheils wahrgenommen wird, die Empfindung als Beschaffenheit und Thätigkeit eines ausserhalb unseres Körpers befindlichen Gegenstandes. Das allgemeinste Gemeingefühl ist der Schmerz, mehr lokaler Natur sind Hunger, Durst, Müdigkeit, Ekel, Schwindel, Schauder etc. Bezüglich beider Leistungen gilt, dass alle sensitiven Nerven, welche der Empfindung fähig sind, auch Gemeingefühle vermitteln können (vielleicht machen einige specifische Sinnesnerven, z. B. Hör-, Riech- und Geschmacksnerven, eine Ausnahme); dagegen gibt es Nerven, welche blos Gemeingefühle vermitteln zu können scheinen. Das Zustandekommen einer Sinnesempfindung setzt voraus, dass der Reiz nur das peripherische Ende des sensitiven Nerven trifft, und dass er einen gewissen Intensitätsgrad nicht überschreitet; dagegen ruft Reizung des Nerven in seinem Verlauf nur Gemeingefühle hervor, und ebenso entsteht keine Empfindung, sondern ein Gemeingefühl, nämlich der Schmerz, wenn der die Nervenenden treffende Reiz eine bestimmte Intensität überschreitet. Ein weiterer Unterschied zwischen Sinnesempfindung und Gemeingefühl ist, dass die Empfindungen eine sehr fein abgestufte, den Reizintensitäten entsprechende Skala haben, die Gemeingefühle eine sehr rohe Skala. Bezüglich der Topographie der Sinnesempfindungen und Gemeingefühle gilt, dass die sensitiven Nerven des Darmschlauchs und seiner Anhangsorgane sowie die der perigastrischen Organe nur Gemeingefühle hervorrufen, während die sensitiven Nerven des Hautmukelschlauches Sinnesempfindungen und Gemeingefühle und, wie es scheint, die specifischen Sinnesnerven meist nur Sinnesempfindungen hervorrufen.

Diese physiologische Differenzirung scheint so zu Stande zu kommen: Ursprünglich können wohl alle sensitiven Nerven nur Gemeingefühle vermitteln. Dieser Zustand ist bei den Darmnerven, weil sie seltener gereizt werden, ein bleibender. Bei den Nerven des Hautmuskelschlauches ruft die häufige und ausgiebige Reizung einen höheren Grad von Leistungsfähigkeit hervor. Diese äussert sich vorzugsweise in dem Herabsinken des zur Reizung erforderlichen Reizminimums auf einen solchen Grad, dass eben nur noch der Endapparat des Nerven in den Zustand molekularer Bewegung geräth und nicht mehr ein ganzes Stück des Verlaufes. Die Hinausverlegung der Sinnesempfindung in das

Object ist offenbar keine directe Leistung des Nerven, sondern des psychischen Apparates, welcher die Erfahrung macht, dass Intensität und Richtung der Empfindung wechselt, wenn der eigene Körper Bewegungen ausführt, über welche der psychische Apparat durch das Muskelgefühl unterrichtet wird. Die Messbarkeit der Intensitätsunterschiede der Sinnesempfindungen folgt einem bestimmten Gesetz („Weber'sches Gesetz"): Der Unterschied der zwei zu vergleichenden Intensitäten, den man Reizzuwachs nennt, muss um so grösser sein, je höher die Reize selbst auf der Intensitätsskala stehen; z. B. bei einer Belastung der Hand von 29 Loth genügt ein Reizzuwachs von einem Loth, um einen Intensitätsunterschied zu erzeugen, bei einer Belastung von 29 Pfund muss der Reizzuwachs ein ganzes Pfund, das heisst einen relativen Theil der ersten Belastung betragen; kurz gesagt: bei verschiedenen Reizstärken sind die erforderlichen Reizzuwüchse nicht absolut gleich, sondern nur relativ gleich. Ausserdem vermindert sich der Reizzuwachs mit dem Uebungsgrade.

Ein weiteres allgemeines Gesetz für die Sinnesempfindung ist, dass dieselbe von ihrem Beginn eine Zeitlang an Deutlichkeit zu-, dann abnimmt; bei starken Reizen tritt die Abstumpfung schneller ein, als bei schwachen. Weiter können nach Aufhören des Reizes Nachwirkungen (Nachbilder, Nachklänge etc.) längere oder kürzere Zeit anhalten. Von grossem Einfluss auf die Deutlichkeit der Sinnesempfindung ist der Grad der Aufmerksamkeit, den wir ihr zuwenden; ja durch Mangel an letzterer können wir geradezu das Zustandekommen der Empfindung verhindern.

Gegenstand der Sinnesempfindungen sind die Verhältnisse von Raum und Zeit (sogenannte Generalsinne), Drucke und Temperatur (Tastsinn), chemische Qualitäten (Geschmack- und Geruchssinn), Schallwellen (Gehörsinn), Lichtstrahlen (Gesichtssinn). Bei niederen Thieren scheint eine Specialisirung dieser verschiedenen Sinnesempfindungen noch zu fehlen. Bei höher organisirten Thieren tritt sie in der Weise ein, dass bestimmte Nerven (siehe oben pag. 107) ausschliesslich ganz bestimmte Sinnesempfindungen vermitteln. Am frühesten in der Thierreihe hebt sich der Gesichtssinn von dem allgemeinen Tastsinn ab und wird einem mit einem bestimmten Endorgan versehenen Nerven (Sehnerv mit Auge) übertragen, doch dürften die für Lichtreiz empfänglichen Farbstoffzellen in der Haut vieler Thiere (Chamäleon, viele Fische, Tintenfische etc.) nicht mit Unrecht Lichttastkörperchen genannt werden. Unerlässlich für das Zustandekommen der Lichtempfindung scheint die Anwesenheit eines das Licht absorbirenden d. h. in Wärme umwandelnden Farbstoffes zu sein, so dass mithin der Sehnerv eigentlich ein thermometrischer Apparat wäre, welcher die durch das Licht im Farbstoff hervorgerufene Wärmemenge

misst. (Näheres über das Sehen siehe Auge.) — Viel später als der Gesichtssinn specialisirt sich der Gehörsinn. Zum Wahrnehmen der Schallwellen gehört, dass sich am Körper harte elastische, einer Erzitterung fähige Theile finden, die zu Nerven in näherer Beziehung stehen. Wo die ganze Körperbedeckung so beschaffen ist (z. B. Insekten), scheint die Schallwahrnehmung meistens noch Gegenstand der allgemeinen Tastempfindung zu sein, und erst bei ausgebildeten Thieren finden wir gesonderte Gehörorgane mit specifischen Nerven (siehe später Gehörorgan). Eine Mittelstufe scheinen die auf dem Körper mancher Krebse zerstreut gefundenen Hörhaare und die von Leydig bei manchen Insekten an verschiedenen Körperstellen nachgewiesenen Schalltastkörperchen zu bilden. — Am spätesten scheinen sich die chemischen Sinne (Geschmack und Geruch) zu specialisiren, wenigstens konnte noch bei keinem wirbellosen Thier mit Bestimmtheit ein derartiges besonderes Organ nachgewiesen werden, obwohl viele einen ausgezeichneten Geruchssinn besitzen (besonders Insekten). Was das Verhältniss von Geschmack und Geruch betrifft, so ist entschieden der letztere früher und vollständiger specialisirt, als der Geschmack, welcher letztere noch beim Menschen in schwer entwirrbarer Weise mit den Tastempfindungen der Mund- und Zungenschleimhaut verknüpft ist, so dass man kaum von einem eigenen Geschmacksorgan, sondern mehr nur von Geschmackstastkörperchen, die gruppenweise auf Papillen (Geschmackspapillen) stehen, reden kann. Ueber den Geruchsinn siehe Näheres später beim Geruchsorgan; über das Schmecken gilt Folgendes auf den Menschen bezügliche. Am feinsten schmeckt die Zungenwurzel, weniger fein die Ränder, noch schlechter die Mitte der Vorderhälfte der Zunge, sehr wenig die Unterseite der Zunge, der weiche Gaumen und die Gaumenbogen; die übrigen Theile der Mundhöhle können nicht schmecken. Aechte Geschmacksempfindungen sind nur das Salzige, Sauere, Süsse und Bittere; alle anderen Empfindungen der Mundhöhle, wie herb, mehlig, pappig, beissend, brennend etc. sind nur Tastempfindungen. — Nach Abzug der den obigen Specialsinnen dienenden Nerven bleiben für den gesammten Rest der sensitiven Nerven der äusseren Haut, der Mundhöhle, des Schlundes, des vorderen Eingangs und des Bodens der Nasenhöhle, des Mastdarmendes und der Ausmündungen der Geschlechtsöffnungen nur die sogenannten Tastempfindungen übrig, worunter wir die Wahrnehmungen von Druck- und Wärmeunterschieden verstehen. Ueber eine weitere Specialisirung, etwa in Wärmesinnesnerven und Drucksinnesnerven, ist nichts Näheres bekannt; wohl aber weist das Mikroskop bei allen möglichen Thieren besondere Nervenendapparate (sogenannte Tastkörperchen) nach, die meist auf bestimmten Stellen concentrirt sind, so dass zu vermuthen steht, dass solche

Specialisirungen bestehen, da die Tastempfindung keinenfalls auf diese specifischen Körperchen beschränkt sein kann.

2) Die centrifugal leitenden Nerven zerfallen in drei Arten: in motorische Nerven, welche an Muskelzellen endigen und sie zur Verkürzung veranlassen; in Sekretionsnerven, welche in Drüsenzellen enden und dieselben zur Absonderung veranlassen; in elektrische Nerven, die in den nur einigen Thieren zukommenden elektrischen Organen endigen und deren Reizung einen nach aussen wirksamen elektrischen Schlag hervorbringt (elektrische Fische). Näher erforscht sind von diesen drei Arten blos die motorischen Nerven und dabei muss man zweierlei Reizwirkungen unterscheiden: Zusammenziehung des Muskels und Erschlaffung. Für die letztere ist man fast genöthigt, eigene Nerven, sogenannte Hemmungsnerven, anzunehmen. Die Reizung der centrifugalen Nerven geht zunächst von den Centraltheilen des Nervensystems aus, dann aber unterscheidet man Folgendes: Der Bewegungsreiz ist die unmittelbare nothwendige Folge eines Sinnenreizes und erfolgt ohne Antheilnahme des Willens; eine so entstandene Bewegung heisst Reflexbewegung, (z. B. Niesen, Husten). Oder der Bewegungsreiz ist ein sogenannter Willensreiz, dem allerdings auch immer Sinnesreize als Ursache voran gehen, allein nicht in unmittelbarer Zeitfolge und nicht so, dass Sinnesreiz und Bewegung in stets wiederkehrendem nothwendigem Zusammenhang stehen; man nennt die letztere Art willkürliche Bewegungen. Werden willkürliche Bewegungen sehr häufig geübt, so können sie den Reflexbewegungen in manchen Stücken ähnlich werden. Die Ausgangsorte der Reflexreize sind bei den Wirbelthieren das Rückenmark und die Ganglien der Gehirnbasis, die der Willensreize das grosse Gehirn.

Die Reizleitungsfähigkeit des Nerven ist abhängig 1) von seiner Ernährung durch das Blut: Behinderung des Blutzuflusses zu einem Nerven hebt sie auf; 2) von seinem Zusammenhang mit dem Centralorgan: wird ein Nerv durchschnitten, so verliert das peripherische Stück nach einiger Zeit seine Reizleitungsfähigkeit, bis die Enden wieder zusammengeheilt sind; 3) Druck auf den Nerven hebt die Fortleitung des Reizes auf (Einschlafen der Gliedmassen).

Ueber die Leistung der verschiedenen Theile des Nervensystems ist folgendes, nur auf die Wirbelthiere bezügliche, zu sagen (die wirbellosen sind in dieser Richtung so gut wie nicht untersucht): Das viscerale Nervensystem (Sympathicus) besorgt die Innervation des Darmkanals und seiner Anhangsorgane, der Geschlechtswerkzeuge und der Blutgefässe; es kann Bewegungen, aber keine Sinnesempfindungen, sondern nur Gemeingefühle hervorrufen und ist den Willensreizen durchaus

entzogen. Das animale Nervensystem (Gehirn und Rückenmark mit ihren Nerven) vermittelt Sinnesempfindungen, Gemeingefühle, Reflexbewegungen und willkürliche Bewegungen; alle Theile desselben gehorchen den Willensreizen, und seine Wirkungssphäre erstreckt sich auf den gesammten Hautmuskelschlauch und durch den Nervus vagus bis zu einem gewissen, aber beschränkten Grade auf Lunge, Herz und Magen, ein Einfluss, der durch Uebung verstärkt werden kann. Von den einzelnen Theilen des animalen Nervensystems gilt Folgendes: Das Gehirn ist der Ort, zu dem alle Empfindungen geleitet werden, die die Gehirn- und Rückenmarksnerven vermitteln, und von dem sämmtliche Willensreize ausgehen, auch vermittelt es Reflexbewegungen. Unter seinen Bestandtheilen steht das grosse Gehirn, und zwar dessen graue Rinde, im physiologischen Range oben an, sie ist der Sitz der höheren psychischen Funktionen und der Entstehungsort der Willensreize. Die grauen Kerne der Gehirnbasis sind untergeordnete Zwischencentra, durch welche die Empfindungen zu der grauen Hirnrinde gehen und die Willensreize, die von letzterer kommen, nach aussen ziehen; selbständig können sie wahrscheinlich nur Reflexbewegungen vermitteln. Die weisse Substanz des Gehirns besteht nur aus leitenden Nervenfäden, die zwischen den grauen Theilen ausgespannt sind. Das kleine Gehirn scheint besonders auf die willkürlichen Bewegungen in der Art von Einfluss zu sein, dass es deren zweckmässige Zusammenordnung (Coordination) leitet. Das verlängerte Mark besorgt die Reizvermittlung zwischen Gehirn und Rückenmark, und seine grauen Kerne scheinen das Reizcentrum für die automatische Herz- und Athmungsbewegung zu sein. Das Rückenmark leitet die ihm von den Nerven zugesandten Reize nach dem Gehirn und die Willensreize nach den Muskeln und kann selbständig Reflexbewegungen vermitteln. Die Gehirnnerven sind bald nur aus motorischen Fasern zusammengesetzt, bald nur aus sensitiven (wie die höheren Sinnesnerven), bald aus beiden gemischt. Die Rückenmarksnerven sind in ihrem Verlauf immer gemischter Natur, allein beim Austritt aus dem Rückenmark sind sie noch in eine dorsale sensitive und eine ventrale motorische Wurzel gespalten, die sich erst nachher vereinigen. Die Gehirnnerven sind funktionell verschieden, es befinden sich darunter die Seh-, Hör-, Riech- und Geschmacksnerven, andere vermitteln Bewegung und Getast am Kopf, und der Nervus vagus stellt den Zusammenhang des Gehirns mit den vegetativen Organen her (vermittelt z. B. das Gefühl für Hunger und Durst. Sättigung, Athmungsbedürfniss etc. und ist Hemmungsnerv für das Herz). Die Rückenmarksnerven sind funktionell alle gleich, vermitteln nur Getast und willkürliche Bewegung des Rumpfes und der Gliedmassen.

§ 25. Physiologie des Knochensystems.

Die Aufgabe desselben ist erstens Fixirung einer bestimmten Gestalt und Grösse des Körpers und einer bestimmten Stellung der Körpertheile zu einander; für's zweite gewährt es gewissen lebenswichtigen Theilen, wie Gehirn und Rückenmark, Brusteingeweiden etc. Schutz, indem es sie einkapselt; für's dritte — und das ist der wichtigste Theil seiner Verrichtung — bildet es mit den Muskeln den äusseren Bewegungsapparat. Ueber den Werth der Versteifung des Körpers durch die Wirbelsäule ist schon pag. 94 gesprochen worden. Bei den luftathmenden Thieren haben die Knochen das Brustkorbs activen und passiven Werth für den Athmungsmechanismus. Am Kopf bilden die Gesichtsknochen mit den betreffenden Muskeln den Kauapparat und die Gliedmassenknochen sind wenigstens bei den meisten Luftthieren die Organe der Ortsbewegung.

Unter den Beziehungen von Muskel und Knochen ist die wichtigste die, dass der Knochen dem ersteren die Dienste eines Hebels leistet, wobei die aus der Physik bekannten Hebelgesetze gelten. Es kommen zweiarmige und einarmige Hebel vor und Krafthebel sowohl wie Geschwindigkeitshebel, die letzteren sind die wichtigsten bei den der Ortsbewegung dienenden Knochen.

Bei den Bewegungen der Knochen gegeneinander unterscheidet man den festen Punkt (punctum fixum) und den beweglichen Punkt (p. mobile). Entscheidend für die Richtung der Stellungsveränderung ist die Beschaffenheit der Gelenkflächen am festen Punkt: Gewerbegelenke lassen die Stellungsveränderung nur in einer Ebene zu, Sattelgelenke in zwei senkrecht aufeinander stehenden, Drehgelenke gestatten nur Rollung des bewegten Knochens um seine Längsaxe, Kugelgelenke Bewegung in allen Linien, die man von der Basis eines Kegels zu dessen Spitze ziehen kann, und zugleich Rotation um die Längsaxe; Gelenke, die nach allen Richtungen nur sehr geringe Beweglichkeit gestatten, heissen Straffgelenke.

§ 26. Physiologie der Organe.

a) Organe der Haut.

Die Organe der Haut dienen den mannigfaltigsten Zwecken der Selbsterhaltung ihres Trägers. Manche, wie z. B. die Schuppen der Schmetterlingsflügel, sind nur Zierrathen, andere, wie die Gifthaare der Raupen, die Nesselzellen der Polypen, die widerhakigen Pfeilborsten der Würmer, die Hörner der Säugethiere, die Horn- und Knochenpanzer der verschiedensten Thiere etc. sind Waffen zu Angriff und Verthediigung, oder Haftwerkzeuge wie die Kalkanker

der Klebwürmer und die Fusskrallen der verschiedenen Thiere. Wieder andere, so namentlich die Haare und Federn, spielen als schlechte Wärmeleiter und dadurch, dass sie eine dicke Schicht der ebenfalls die Wärme schlecht leitenden Luft festhalten, eine wesentliche Rolle beim Wärmehaushalt. Noch andere dienen der Ortsbewegung, wie die Flügel der Insekten, die Flughäute der Fledermäuse, die Schwungfedern der Vögel. Die Funktion der Athmung ist bei sehr vielen Wasserthieren vorzugsweise Hautorganen, die man Kiemen nennt, übertragen. Die Tastborsten, die man an Säugethieren und niederen Thieren kennt, sind Hilfsapparate für den Tastsinn. Die Hautdrüsen liefern die mannigfaltigsten Absonderungen für die verschiedensten Zwecke: Milch zur Ernährung der Jungen, Gifte oder stinkende Stoffe zur Vertheidigung, Spinnstoffe, Wachswolle zum Verhüllen des Körpers, fettige Absonderungen zur Einfettung von Haut, Haaren, Federn etc., Schleime, um die Körperoberfläche schlüpfrig zu erhalten, Schweiss im Dienste des Wärmehaushaltes etc. etc. Da die Zähne verknöcherte Hautpapillen sind, so betheiligen sich die Hautorgane auch bei der Nahrungsaufnahme, und indem die Hautpapillen der Sitz der Endorgane der Tastnerven, die Zungenpapillen der der Geschmacksorgane sind und auch die höheren Sinneswerkzeuge Hilfsapparate aus der Reihe der Hautorgane herbeiziehen, so gibt es fast keine Funktion des Thierkörpers, welche auf die Mitwirkung der Hautorgane verzichtete. Man kann wohl sagen: Unter allen Schichten des Körpers hat die Haut nicht nur morphologisch die mannigfaltigste Organentwicklung, sondern auch physiologisch kommt in ihren Organen die ganze Mannigfaltigkeit der biologischen Beziehungen des Thieres zur Aussenwelt zur vollen Geltung.

b) Organe der Muskelschicht.

Unter den Organen der Muskularis zeigen die Muskeln in sofern einfache funktionelle Verhältnisse, als eben ihre Contractionen das elementare Moment bei allen Körperbewegungen sind. Die höher organisirten Thiere zeigen nur darin eine gewisse Mannigfaltigkeit, dass durch das Hinzutreten längerer Sehnen zu den Muskeln oft äusserst sinnreiche Mechanismen mit Fernwirkung erzeugt werden. Mannigfaltiger sind die Funktionen der über die Oberfläche des Körpers sich erhebenden Auswüchse des gesammten Hautmuskelschlauches der sogenannten Bewegungsorgane. Die allgemeinste Verrichtung derselben ist die Ortsbewegung. Im besondern sind sie Waffen zu Angriff und Vertheidigung, Fresswerkzeuge, Begattungsapparate, Werkzeuge zur Eiablage oder Herbergung der Eier, complicirte Tastorgane, Spinnapparate, Athmungsorgane etc. Das Detail dieser Bewegungen kann hier nicht erörtert werden.

c) Organe des Darmschlauchs.

Diese bieten viel einfachere physiologische Verhältnisse als die Organe des Hautmuskelschlauches und stehen fast ausschliesslich im Dienste des Stoffwechsels. Unter den einschlägigen Funktionen nimmt die Lieferung von Verdauungssäften die allgemeinste und erste Stelle ein. Ueber die niederen Thiere weiss man nicht viel Sicheres. Der Absonderung der sehr allgemein vorkommenden, in den Anfangstheil des Darms mündenden Drüsen gibt man den Namen „Speichel", ohne jedoch sicher zu wissen, ob denselben die gleiche Rolle wie dem Mundspeichel höherer Thiere zukommt. Ebensowenig weiss man über die Natur der Drüsensäfte, welche die mit den Namen „Leber" belegten, besonders bei Mollusken und Krebsen vorkommenden Drüsen des Mitteldarms liefern. Wenn man dagegen die malpighischen Gefässe der Insekten (s. pag. 47) physiologisch mit den Nieren der höheren Thiere übereinstimmen lässt, so ist das nicht ohne Grund, da man in denselben oxalsauren Kalk und andere sonst nur in den Ausleerungen vorkommende Stoffe nachweisen kann, sie sind also unzweifelhaft Excretionsorgane.

Von den Wirbelthieren kennt man nur die Säugethiere besser. Bei ihnen sind folgende Verdauungssäfte, die von Darmdrüsen abgesondert werden, anzuführen: Der Schleim, welcher zum Theil von kleinen traubigen Drüsen geliefert wird, spielt eine mehr mechanische Rolle, indem er die festen Nahrungsmittel schlüpfrig macht und die emulsive Vertheilung derselben, namentlich die des Fettes, erleichtert. Der Speichel wird von traubigen Drüsen in die Mundhöhle (Mundspeichel) und in den Dünndarm (Bauchspeichel) abgesondert. Der Mundspeichel hält die Mundhöhle feucht, was für das Schmecken von Wichtigkeit ist, verdünnt die Speisen und wandelt durch seinen Gehalt an Speichelferment das unlösliche Stärkemehl in lösliches Dextrin und schliesslich in Traubenzucker um; der Bauchspeichel wirkt ausserdem noch, aber nur bei Anwesenheit von Säure, lösend auf die Eiweissstoffe, begünstigt die Emulsion der Fette und soll sie auch, was jedoch von einzelnen bestritten wird, in Glycerin und Fettsäure spalten. Der Magensaft wird von den schlauchförmigen Drüsen der Magenwand geliefert und enthält als wirksame Bestandtheile ein Ferment (Pepsin) und freie Säure, die im Verein die Eiweissstoffe und Leimstoffe der Nahrungsmittel in Peptone umwandeln. Die Peptone gerinnen nicht mehr in der Hitze, gelatiniren nicht mehr beim Erkalten, sind leicht löslich in Wasser und besitzen eine viel grössere Diffusibilität als die löslichen Eiweissstoffe. Die schlauchförmigen Drüsen des Dünndarms sondern den alkalischen Darmsaft ab, der sowohl Stärkemehl in Zucker umsetzt, als auch die Eiweisskörper in Peptone ver-

wandelt. Die Leber liefert die in den Dünndarm fliessende Galle, eine neutrale oder schwach-alkalische, gefärbte, bitter schmeckende Flüssigkeit, welche dadurch für die Aufsaugung der Fette von Wichtigkeit ist, dass Häute, die mit Galle getränkt sind, das Fett viel leichter durchlassen als zuvor; die Galle ist übrigens nicht blos Verdauungssaft, sie wird zum grössten Theil im Darm wieder aufgesaugt und in der Säftemasse weiter verändert. Neben der Gallenbereitung kommt der Leber die wichtige Verrichtung der Zuckerbereitung zu (siehe pag. 105) und zwar aus dem Glycogen der Leberzellen. Reizung des Bodens der vierten Hirnhöhle im verlängerten Mark vermehrt die Bildung des Leberzuckers so, dass derselbe im Harn zum Vorschein kommt. — Zum Schluss ist noch anzumerken, dass die Drüsen im Kropfe vieler Körner-fressenden Vögel einen milchigen Saft liefern, welchen diese zur Auffütterung der Jungen und zwar anfangs fast rein, dann gemischt mit halbgelöstem Futter verwenden.

Ueber die Verrichtung der blindsackartigen Anhänge des Darms ist man noch nicht genau orientirt.

Eine ganz besondere Rolle spielt das bei Fischen als Schwimmblase, bei den höheren Thieren als Lunge bekannte mächtige Darmorgan. Als Schwimmblase dient es in erster Linie den hydrostatischen Bedürfnissen der Fische; durch Zusammenpressen vermindert sich das specifische Gewicht des Körpers, so dass der Fisch sinkt; durch Erschlaffung wird das Gegentheil bewirkt. Ferner kann der Fisch durch das Verschieben der Luft in der Längsaxe die wagerechte Stellung seines Körpers in eine schiefe verwandeln. Da man bei vielen Fischen eine Kette eigenthümlicher Knöchelchen von der Schwimmblase zum Gehörorgan ziehen sieht, so hat man letzterer noch die Rolle eines Hilfsapparates bei der Gehörswahrnehmung zugeschrieben. — Bei den Wirbelthieren besorgt das Organ die Luftathmung und heisst Lunge. Auf niederer Stufe (Amphibien) wird die Luft mehr eingeschluckt und nach einiger Zeit wieder ausgestossen, um durch neue ersetzt zu werden; erst bei den Reptilien, Vögeln und Säugethieren stellen sich die regelmässigen automatischen Athembewegungen ein, die in Einathmung (Inspiration) und Ausathmung (Exspiration) zerfallen. Bei der Einathmung verhält sich die Lunge passiv, der active Theil der Bewegung sind die Wandungen des Brustraumes: die von den Rippen gestützten Seitenwände erfahren durch Hebung der Rippen eine Bewegung, welche die Tiefendurchmesser des Brustraums verlängert, und das Hinabsteigen des Zwerchfells vergrössert den Längsdurchmesser. Da meist nur die eine oder die andere dieser Bewegungen angewendet wird, so spricht man von Rippenathmung und Zwerchfellathmung (beim Menschen hat der Mann die letztere, das Weib die erstere). Die Ausath-

mung ist in der Regel nicht Folge von activer Muskelthätigkeit, sondern Elasticitätswirkung: einmal ist das Gewebe der Lunge sehr elastisch und zwar so, dass selbst bei der tiefsten Ausathmung noch elastische Spannung vorhanden ist, und fürs zweite sind auch die Brust- und Bauchwandungen im Zustand elastischer Spannung. Bei behinderter Ausathmung können jedoch Muskelkräfte herbeigezogen werden. Selbst bei der Ausathmung wird nicht alle Luft aus der Lunge entfernt (Residualluft beim Menschen: ca. 1200 Cubikcentimeter); das Volum der Athemzüge schwankt beim Menschen zwischen $^1/_2$ und $1\,^1/_2$ der Residualluft. Die rasche Durchmischung der Residualluft und der neu hinzukommenden beruht auf der feinen Verästelung der Luftwege und der Flimmerbewegung auf ihrer Oberfläche. Die Veränderung der Luft besteht 1) in einer Abnahme ihres Sauerstoffgehaltes, die beim Menschen ca. 5% beträgt, und Ersatz desselben durch ca. 4% Kohlensäure; 2) in Sättigung der Luft mit Wasserdampf, wodurch eine Wasserabfuhr erzielt wird, wenn die äussere Luft nicht gesättigt oder kühler ist als das Körperinnere. Eine weitere Funktion der Lunge ist die Stimmbildung, indem sich an der Luftröhre die Kehlköpfe entwickeln. Das Wesentliche dieser Apparate sind elastische Bänder, sogenannte Stimmbänder, welche durch Muskelwirkung beliebig in gespannten Zustand versetzt und ausserdem so in den Luftweg vorgeschoben werden können, dass derselbe örtlich verengert und dem Luftstrom an dieser Stelle eine höhere Stromgeschwindigkeit und damit die Fähigkeit ertheilt wird, jene Bänder in Schwingung zu versetzen. Bei den Säugethieren sind die Stimmbänder in dem oberen Kehlkopf angebracht, bei den Vögeln in dem unteren Kehlkopf (s. pag. 47). Die Modulation der Stimme beruht auf den verschiedenen Spannungsgraden der Stimmbänder, ihrer Länge, der Weite der Stimmritze, der Länge und Weite der Luftröhre, der Beschaffenheit der Mund-, Rachen- und Nasenhöhle und sonstiger resonirender Räumlichkeiten, die mit dem Stimmorgan in Verbindung stehen.

Die Verrichtung der sogenannten Abschnürungsdrüsen des Darmkanals (Schilddrüse, Thymus, Peyer'sche Drüsen) ist nicht näher bekannt und nur so viel festgestellt, dass dieselbe keine für die Erhaltung des Individuums wesentliche ist.

Ueber die centrifugalen Organe des Darmschlauchs ist Folgendes zu sagen: Alle Vorsprünge auf der Innenfläche des Darmkanals (Darmzotten, Faltenbildungen, Spiralklappen etc.) vergrössern die Oberfläche desselben und bringen den Darm in ausgedehntere Berührung mit dem Speisebrei, begünstigen also den Stoffwechsel des Darmkanals (Aufsaugung und Sekretion); ausserdem begünstigen sie in mechanischer Weise die Durchmengung der Bestandtheile des Speisebreies. Bei manchen Thieren finden sich am

Darm Vorrichtungen, welche anderweitige mechanische Dienste leisten. Bei manchen Krebsen z. B. stehen auf der Innenfläche des Magens starke Zähne, welche die mechanische Zerkleinerung der Speisen besorgen, und der Muskelmagen der Vögel dient demselben Zweck, indem die beiden Muskelstücke mit Hülfe der sie innerlich überziehenden harten und rauhen Haut die Speisen mühlsteinartig zwischen sich verreiben.

d) Organe des Perigastriums.

Hier kommen nur zweierlei Verrichtungen in Frage, die Harnbereitung und die geschlechtlichen Funktionen.

Die Harnbereitung ist bei den Wirbelthieren an die in dem Perigastrium sich entwickelnde Niere übertragen und nach Ludwig soll dieselbe darauf beruhen, dass das Blut in den Gefässknäueln, die in die Enden der Harnröhrchen eingeschoben sind in Folge der Stauung alle Bestandtheile des Blutserums, mit Ausnahme der in demselben in Lösung befindlichen Albuminate, in die Lichtung der Harnröhrchen durchschwitzen lässt. Dieser primäre Harn bleibt dann bei seinem Weg durch die feinen und langen Harnröhrchen in Wechselwirkung mit den die Harnröhrchen umspinnenden capillaren Blutgefässen, so dass derselbe schliesslich eine andere prozentische Zusammensetzung erhält; namentlich wird ihm, selbst noch in der Blase, Wasser entzogen. Thatsache ist, dass der Harn alle Bestandtheile des Blutes mit Ausnahme der Albuminate enthält, nur in andern Mengeverhältnissen. Die Hauptbestandtheile sind Harnstoffe, Harnsäure, Hippursäure, Kreatin und Kreatinin, wechselnde Mengen von Fett, Kochsalz, phosphorsaure, schwefelsaure und oxalsaure Salze. Der Wassergehalt ist bei den verschiedenen Thieren sehr verschieden, so dass der Harn bald eine klare Lösung ist (Menschenharn), bald ein Brei aus sehr vielen ungelösten Theilen (Vogel- und Reptilienharn). Für den Stoffwechsel wichtig ist namentlich, dass fast aller Stickstoff, den das Thier in der Nahrung aufnimmt, in Form jener zuerst angeführten Harnbestandtheile den Körper verlässt. Krankhafte Bestandtheile des Harns sind Zucker und Eiweiss.

Den Geschlechtsdrüsen kommt die Bildung der Geschlechtsprodukte zu. Die Eibildung in den weiblichen Keimdrüsen erfolgt in mancherlei Weise, läuft aber wohl überall darauf hinaus, dass das Ei nicht einfach als eine vergrösserte Zelle angesehen werden kann. Am deutlichsten ist dies z. B. bei vielen Eingeweidewürmern, wo zweierlei Keimdrüsen sich an der Eibildung betheiligen: der Keimstock liefert das Keimbläschen, der Dotterstock die Dottermasse. Bei den Insekten enthalten die Eifächer zweierlei grosse Zellen, an deren Stelle schliesslich nur ein Ei getroffen wird. Auch bei den Wirbelthieren fehlt es nicht an

Anzeichen, dass sich mehrere Zellen an der Bildung eines Eies betheiligen. Bei manchen Thieren sind die Eier hüllenlos, meist aber erhalten sie Hüllen. Die allgemeinste Umhüllung ist eine vom Eifachepithel abgesonderte Schale, die bei den Gliederfüsslern eine derbe Chitinhaut ist, bei Fischen und Säugethieren eine dicke, ziemlich feste gallertige Kapsel (Chorion), von vielen feinen Poren durchsetzt. Viel zusammengesetztere Gebilde sind die grossen Eier der Vögel und Reptilien, an denen man die Dotterkugel, die Eiweisshülle und die Schale unterscheidet. Schon die Dotterkugel ist ein Compositum, indem zu der kleinen Eizelle noch der sogenannte Nahrungsdotter getreten ist, den man als ein Produkt des Eifachepithels anzusehen hat. Das aus mehreren concentrischen Lagen bestehende Eiweiss ist eine Absonderung der oberen Abschnitte des Eileiters und die Schale wird erst in den unteren Abschnitten des Eileiters gebildet. Die primäre (bei vielen Reptilien einzige) Schale ist eine derbe, elastisch-weiche Haut, über welche sich bei den Vögeln noch eine sekundäre (bei den Windeiern fehlende) harte Kalkschale lagert. Bei vielen Thieren, z. B. Fröschen und Kröten, Wasserschnecken etc., wird eine Vielzahl von Eiern zu einem Laichklumpen oder einer Laichschnur verbunden, mittelst einer schleimig-gallertigen Absonderung, die entweder in den Eileitern unmittelbar oder in eigenen Knospungsorganen der Eileiter, den sogenannten Kittdrüsen, abgesondert wird. Bei vielen Insekten, z. B. Schmetterlingen, bereiten diese Kittdrüsen eine, öfters gefärbte, klebrige Masse, mit der das Ei beim Legen überschmiert und an den Ort der Eiablage festgekittet wird.

Die Reifung der Eier und ihre Loslösung ist ein von der Befruchtung unabhängiger, d. h. auch ohne sie erfolgender Vorgang und tritt meist periodisch ein, bei den meisten Thieren zu gewissen Jahreszeiten; beim menschlichen Weibe reift etwa jeden Mondmonat ein Ei und tritt unter den Erscheinungen der sogenannten Menstruation (Blutabgang, körperliche Indisposition etc.) aus dem Eierstock in die Eiwege. Nach dem Austritt scheint das menschliche Ei 10—14 Tage im befruchtungsfähigen Zustande in den Eiwegen zu verweilen, dann geht es zu Grunde, wenn keine Befruchtung erfolgt. Andererseits kann der männliche Samen innerhalb der Eiwege und auf dem Eierstock etwa ebenso lang in befruchtungsfähigem Zustand die Loslösung eines Eies abwarten. Daraus folgt, dass beim Menschen ein erfolgreicher Begattungsakt entweder jederzeit möglich ist oder höchstens in der Mitte zwischen zwei Menstruationen eine kurze Spanne thatsächlicher Resultatlosigkeit liegt.

Die männlichen Keimdrüsen (Hoden) bereiten den männlichen Samen (Sperma), dessen wirksamer Bestandtheil die

Samenfäden (Spermatozoën) sind. Letztere bilden sich in den Zellen, von denen die Hodenschläuche erfüllt sind, und zwar wesentlich aus dem Kern der Zelle. Bei den Wirbelthieren entsteht im Allgemeinen in einer Zelle nur ein Samenfaden, indem an dem Kern allmälig ein langer Wimperfaden hervorwächst. Bei andern Thieren, z. B. den Insekten, theilt sich der Kern zuerst in eine grössere Zahl von Körnern, von denen jedes sich mit einem langen Faden versieht, so dass dann in jeder Zelle ein Schopf aus vielen Samenfäden liegt. Durch Einschmelzen der Zellhülle werden die Samenfäden frei. Bei manchen Thieren sind die Samenfäden starre regungslose Gebilde, in den meisten Fällen jedoch machen dieselben peitschenartige Bewegungen nach Art einer Flimmergeissel, was dem Faden die Fähigkeit der Ortsbewegung verleiht. Der Samen wird entleert entweder als eine mehr oder minder zähe, mit solchen Fäden durchsetzte Flüssigkeit, die bei manchen Thieren (z. B. Säugethieren) noch durch Absonderungen von Nebenorganen (Samentaschen, Vorsteherdrüse etc.) verdünnt wird, oder in Form eines durch eine derbere Umhüllung zusammengehaltenen Pakets, das man Spermatophore nennt (Tintenfische, Salamander etc.). Die Befruchtung eines Eies erfolgt durch das Eindringen eines oder mehrerer Samenfäden in das Ei, wo sie sich auflösen und ihre Substanz mit der des Eies mischen. (Näheres über Befruchtung und Fortpflanzung im folgenden Paragraphen.)

e) Organe der Systeme.

Von diesen verdienen nur noch die höheren Sinnesorgane (Auge, Ohr und Riechorgan) eine besondere Erörterung, da bezüglich alles Anderen auf die Schilderung der Funktion der Systeme verwiesen werden kann.

1) Das Auge. So lange das Auge nichts weiter ist, als ein Pigmentfleck, der ein Nervenpolster deckt, kann es nur eine Unterscheidung von Hell und Dunkel bewirken. Erst das Hinzutreten von dioptrischen, als Sammellinsen wirkenden, Gebilden gibt die Möglichkeit, ein Bild von der Aussenwelt zu empfinden und zwar in folgender Weise.

Eine Sammellinse vereinigt die von einem beliebigen Punkt der Aussenwelt kegelförmig auseinanderfahrenden Strahlen hinter sich wieder in einem Punkt, dem Brennpunkt. Da dies für jeden Punkt der Aussenwelt gilt, der ein Strahlenbündel auf die Vorderfläche einer Sammellinse wirft, so liegen hinter derselben die den leuchtenden Punkten der Aussenwelt entsprechenden Brennpunkte so beisammen, dass sie ein zwar umgekehrtes, sonst aber genaues Bild der betreffenden Abschnitte der Aussenwelt entwerfen. Man sieht dieses Bild, sobald man an die Stelle, wo es liegt, eine bildauffangende Fläche, z. B. eine mattgeschliffene Glastafel, bringt,

und besonders dann sehr gut, wenn dieses Auffangen in einem sonst ganz dunklen Raum (einer Camera obscura) geschieht. Da die Wände des Augapfels durch Pigment undurchsichtig gemacht sind, so ist das Auge eine solche Dunkelkammer, auf deren Hintergrund die als Sammellinsen wirkenden, das Auge erfüllenden brechenden Medien (Hornhaut, Wasser der vordern Augenkammer, Krystalllinse und Glaskörper) ein Linsenbild desjenigen Abschnittes der Aussenwelt entwerfen, der durch das Sehloch seine Strahlen hineingelangen lassen kann. Man nennt dieses Linsenbild das Netzhautbildchen. Der nervöse Apparat des Auges ist nun genau an der Stelle angebracht, wo das Netzhautbildchen liegt und besteht aus einer Mosaik aus Nervenendstäbchen, die entweder mit schwarzem Farbstoff umgeben sind oder mit ihren Spitzen die gefärbte Fläche berühren. Alle Strahlen, deren Brennpunkte auf die einem solchen Stäbchen entsprechende Fläche auffallen, werden hier zu einer Einzelempfindung vereinigt, die sich — offenbar nach vorgängiger Umwandlung in Wärme innerhalb des Pigments — in dem einer Thermosäule ähnlichen Nervenendstäbchen in eine Nervenerregung umsetzt. Mithin entstehen ebenso viele Empfindungen, als solche Endstäbchen vorhanden sind. Das Auge löst also gewissermassen die aus einer unendlich grossen Anzahl leuchtender Punkte bestehende Aussenwelt in ein Mosaikgemälde auf, das aus ebenso vielen Stückchen besteht, als empfindende Nervenstäbe getroffen werden. Daraus erklärt sich, warum wir in nahen Gegenständen mehr Detail sehen, als in fernen. Die Leistungsfähigkeit eines Auges hängt demnach von der Zahl der verfügbaren Nervenstäbe und davon ab, wie gross der einem Nervenstab zugewiesene Empfindungskreis der Aussenwelt ist. Der letztere Punkt kommt besonders in Betracht bei dem Unterschied zwischen den convexen Augen der niederen Thiere und den concaven Augen der Wirbelthiere. Bei den letzteren liegt die Netzhaut — so wird nämlich die mosaikartige Lage der Sehstäbe genannt — im Hintergrunde einer Camera obscura und das Netzhautbildchen umfasst von der gleich einer Hohlkugel uns umgebenden Aussenwelt ungefähr 120 Bogengrade, mithin $^1/_9$ derselben, und auch davon ist nur ein sehr kleiner Theil, nämlich der, welcher auf den gelben Fleck der Netzhaut fällt, deutlich. Bei den convexen Augen der Insekten mangelt die Vorrichtung der Camera obscura vollständig, die Enden der Sehstäbchen liegen in einer nach aussen gewölbten Kugelfläche, die oft genug eine völlige Halbkugel, ja sogar darüber ist. Nehmen wir eine Halbkugel an, so bilden die zwei Augen zusammen eine völlige Kugel, auf welche von allen Punkten der Aussenwelt Licht fällt, das Sehfeld ist mithin 9 mal so gross als das des Menschen. Gesetzt, die Zahl der Sehstäbchen sei gleich, so wird ein concaves Auge

einen Gegenstand 9 mal deutlicher sehen, als ein convexes im gleichen Abstande. Daraus folgt, dass die Thiere mit convexen Augen (Insekten, Krebse etc.) nur in so grosser Nähe deutlich sehen können, dass ihnen gegenüber der kurzsichtigste Mensch noch fernsichtig genannt werden muss. Damit ist übrigens der gewaltige Unterschied dieser beiden Augen noch nicht genügend beleuchtet. Das Netzhautbild der concaven Augen wird von einem einzigen Sammelsystem gebildet und ist somit ein zusammenhängendes Bild, bei den convexen Augen hat jeder Sehstab eine eigene Linse vor sich, die ein Linsenbildchen von dem ganzen in ihrem Bereich liegenden Stückchen der Aussenwelt auf das Ende des Sehstabs wirft. Da dieser aber nur einen einzigen Eindruck (bei manchen, wie es scheint, vier gesonderte) vermitteln kann, so wird schon in geringer Entfernung vom Auge das Linsenbildchen eine solche Summe von Gegenständen in sich begreifen, dass alles in einem Chaos von helleren und dunkleren Partien verschwimmt, und das umsomehr, als die Bildchen der einzelnen Linsen immer mehr in einander übergreifen. Daraus ergibt sich ein capitaler Unterschied zwischen beiderlei Augen: das concave Auge ist ein Fernsinn im eminentesten Sinne des Wortes, welcher alle Gegenstände bis zum fernsten Horizonte deutlich, d. h. mit scharfen Conturen abbildet, aber allerdings eine Annäherung über eine gewisse Grenze hinaus (siehe unten) verbietet. Das convexe Auge dagegen liefert über die Entfernung von wenigen Zollen hinaus nur noch ein so rohes Mosaikbild der Aussenwelt, dass von dem Erblicken scharfer Conturen keine Rede mehr sein kann; dagegen haben diese Augen nach innen keine Grenze des deutlichen Sehens; sie werden am deutlichsten sehen, wenn sie den Gegenstand fast mit den Augen berühren. Daraus erklärt sich, dass das Hauptorgan des Tastsinns dieser Thiere, die Fühlhörner, ausnahmslos am Auge stehen und dass sie mit denselben unaufhörlich herumtasten, wie ein Blinder; dann die Thatsache, dass diese Thiere nur durch den Geruch und durch grosse leuchtende Flächen sich in die Ferne locken lassen.

Die convexen Augen der niederen Thiere sind entweder gänzlich unbeweglich mit dem Körper vereinigt (Insekten) oder sie stehen zwar auf beweglichen Stielen, ohne dass aber ihre inneren Theile gegeneinander beweglich wären (Schnecken. Krebse). Bei den concaven Augen sehen wir dagegen beides. Erstens ist das Auge beweglich dem Körper eingesetzt, so dass dasselbe die Stelle des deutlichsten Sehens über sehr viele Bogengrade hin bewegen kann, wodurch der Nachtheil des kleinen Sehfeldes aufgehoben wird, zweitens sind die Theile des Auges zu doppelten Zwecken gegen einander beweglich. Die eine dieser Bewegungen ist die abwechselnde Verengerung und Erweiterung der Pupille, wodurch

der Helligkeitsgrad des Netzhautbildchens regulirt werden kann: im Dunkeln wird das Sehloch erweitert, um ein möglichst grosses Lichtquantum einzulassen, bei greller Beleuchtung verengert es sich, um das Licht zu dämpfen. Die Vögel besitzen die grösste Virtuosität in dieser Bewegung, so dass viele derselben sogar in die Sonne sehen können, und sie ist bei ihnen dem Willen unterworfen; die Säugethiere (vielleicht einzelne ausgenommen) beherrschen ihre Pupillen nicht, die Bewegung erfolgt durch Reflexreiz, dessen Centralorgan das vordere Vierhügelpaar im Gehirn ist.

Die zweite Art innerer Bewegungen sind die Accomodationsbewegungen. Wie schon oben gesagt, ist das gesunde Auge, z. B. des Menschen, so gebaut, dass im Ruhezustande die Strahlen aller Gegenstände, die 200 Fuss und weiter vom Auge entfernt sind, ihre Brennpunkte auf der Netzhaut haben. Bringt man nun den Gegenstand dem Auge näher, so würden die Brennpunkte hinter die Netzhaut fallen und das Bild undeutlich werden, wenn das Auge nicht im Stande wäre, durch Vergrösserung der Brechungsfähigkeit des Sammellinsensystems den Brennpunkt wieder auf die Netzhaut zu verlegen. Dies geschieht hauptsächlich dadurch, dass durch eine ringförmige Muskellage die Krystalllinse zusammengepresst und ein Theil ihrer Vorderfläche durch das Sehloch stärker hervorgewölbt wird, so dass jetzt die Strahlen hinter ihr stärker convergiren. So wird das Auge in den Stand gesetzt, noch Dinge deutlich zu sehen, die sich nur wenige Zoll vor dem Auge befinden; bei Kurzsichtigen kann die innere Grenze des deutlichen Sehens bis auf 2 Zoll dem Auge nahe rücken. Diese Thätigkeit des Auges zur Ermöglichung des Nahesehens ist dem Willen unterworfen und heisst Accomodation. Sie ist aber nicht bei allen Menschen gleich entwickelt und zwar kommen Abweichungen nach beiden Seiten vor. Bei Menschen, welche vorzugsweise sich mit nahen Gegenständen beschäftigen müssen, gewinnen die Accomodationsmuskeln eine grössere Kraft, so dass die innere Grenze des Sehens dem Auge näher liegt; allein der anhaltende Druck auf die Linse hat eine bleibende Gestaltveränderung zur Folge, so dass nach Aufhören des Druckes die Abflachung nicht mehr vollständig erfolgt. Jetzt werden die von fernen Punkten kommenden Strahlen nicht mehr auf der Netzhaut, sondern schon vorher zu einem Brennpunkt vereinigt und damit das Sehen in die Ferne undeutlich. Solche Menschen nennt man kurzsichtig. Die andere Abweichung ist die, dass bei Menschen, welche selten in grosse Nähe zu sehen haben, die Accomodationsmuskeln aus Mangel an Uebung ihre Kraft verlieren und zugleich die Linse starrer und unnachgiebiger wird; dadurch rückt die innere Grenze des deutlichen Sehens immer weiter hinaus. Diese Menschen nennt man fernsichtig. Die Fernsichtigkeit ist eine gewöhnliche Alterserscheinung, wahr-

scheinlich aus zwei Gründen: theils wird die Linse unnachgiebiger, theils scheint sich auch die Hornhaut im Alter abzuflachen.

Aus dieser Auseinandersetzung ergibt sich, was auch die Erfahrung lehrt, dass wir zwei Dinge, die in ungleichem Abstand vom Auge sind, nie zu gleicher Zeit, sondern nur nach einander deutlich sehen können; die Beurtheilung der Abstandsunterschiede aber ist mit dem Sehen mit einem Auge wesentlich dem Umstande zuzuschreiben, dass wir uns dieser Accomodation bewusst werden. Bei denjenigen Thieren, deren beide Augen so zu beiden Seiten des Kopfes stehen, dass ihre Gesichtsfelder nie zusammenfallen können, sowie bei einäugigen Menschen, beruht wohl auch die Schätzung des Abstandes, d. h. das Sehen in die Tiefe, nur auf einer hohen Schulung des Accomodationsgefühles; bei den Thieren aber, welche beide Sehaxen auf e i n e n Gegenstand richten können, wie bei den Menschen, Katzen, Eulen etc., ist ein weiteres Hilfsmittel zur Beurtheilung des relativen Abstandes vorhanden. Die beiden Augen sind nämlich in der Weise physiologisch verknüpft, dass jedem Punkte der Sehhaut des einen ein sogenannter identischer des andern Auges entspricht. Diese Identität besteht darin, dass, wenn die Bilder eines Gegenstandes in den beiden Augen auf identische Stellen fallen, die Seele nur einen einzigen Eindruck erhält, andernfalls dagegen deren zwei. Die Lage der identischen Reizhautstellen ist nun so, dass nur von einem solchen Gegenstande, der im Kreuzungspunkt der Sehaxen beider Augen liegt, das Bild auf identische Netzhautstellen fällt, also einfach gesehen wird, alle Gegenstände aber, die grösseren oder geringeren Abstand haben, doppelt und deshalb undeutlich gesehen werden. Da unsere Aufmerksamkeit undeutliche Bilder ignorirt, so müssen wir, um einen Körper deutlich und einfach zu sehen, unsere Augäpfel so bewegen, dass die zwei Sehaxen sich an dem Gegenstande kreuzen, mithin müssen wir, wenn der Gegenstand näher rückt, die Augäpfel stärker gegen einander rollen und umgekehrt. Indem wir auch von diesen Bewegungen durch das Muskelgefühl unterrichtet werden, gewinnt die Seele das Hilfsmittel, die relativen Abstände auch unabhängig von der Accomodation zu beurtheilen.

Der scheinbare Widerspruch, der darin liegt, dass wir die Gegenstände der Aussenwelt in ihrer richtigen Lage sehen, während doch das Netzhautbildchen verkehrt steht, findet darin eine Lösung, das die Seele nicht direct sieht, sondern sich durch alle Sinne wie durch die Muskelgefühle von der Lage der Dinge in der Aussenwelt unterrichtet und alle Nachrichten über sie durch Uebung zu einer Einheit verknüpfen lernt.

Die Hilfsapparate des Auges der höheren Thiere, die aus dem Bindehautsack mit den Augenlidern und den Thränendrüsen be-

stehen, haben die Bedeutung von Schutzapparaten. Die Bindehaut des Auges ist ausserordentlich empfindlich für chemische und mechanische Reize, die durch Reflexwirkung die Schliessmuskeln der Lidspalte zur Contraction und somit zum Verschluss der Spalte veranlassen. Die Thränenabsonderung, welche theils durch physische Reize, theils durch Reizung der Bindehaut etc. hervorgerufen wird, schützt die Hornhaut vor Trocknung und Trübung und wäscht sie mit Hülfe des Lidschlags rein. Die Augenlider haben die Aufgabe, das Auge ganz oder theilweise vor Licht zu schützen, die Anhäufung der Thränenflüssigkeit zu verhindern, und bringen durch den Lidschlag Dunkelheitspausen in den Sehakt, die den Eintritt der Ermüdung hinausschieben.

2) Das Ohr. Die Schallwahrnehmung besteht bei vielen niederen Thieren offenbar aus einem Tasten der durch die Schallschwingungen hervorgebrachten Erzitterungen des Körpers durch den allgemeinen Tastsinn (z. B. Insekten). Diese Thiere können also nur zwischen Stille und Lärmzustand unterscheiden, ähnlich wie die niedrigsten Funktionen des Gesichtssinns bloss Unterscheidung von Hell und Dunkel sind. Eine Zerlegung des Lärmzustandes in einzelne Töne, Klänge und Geräusche setzt bei einem Thiere eine Claviatur schwingungsfähiger, mit Nerven in Verbindung befindlicher Gebilde voraus, deren jedes ebenso auf einen bestimmten Einzelton abgestimmt ist, wie die Seiten eines Klaviers oder die Pfeifen einer Orgel oder die Stäbchen einer Holzharmonika etc. Derlei Einrichtungen treffen wir nun in der Form von Hörhaaren oder sonst gestalteten Hörorganen entweder über den Körper zerstreut oder auf sogenannten Hörflächen vereinigt. Im ersteren Falle sind zweierlei Anordnungen gegeben: entweder stehen sie aussen auf der Körperoberfläche (Hörhaare der Krebse) oder sie stecken im Körper, nur an dessen erzitterungsfähige Aussenschicht angedrückt (Hörstifte der Insekten nach Leydig). In diesen zwei Fällen können wir nur von peripherischen Schalltastkörperchen sprechen. Treten dagegen diese Schalltastkörperchen zu einer Hörfläche zusammen, so entsteht ein eigenes Hörorgan. Diese Hörorgane sind immer mehr oder weniger in den Körper eingesenkt und dann hat die Physiologie die Aufgabe, zu erklären, wie die Schall-Schwingungen ohne qualitative und quantitative Aenderungen auf die aus Hörkörperchen gebildete Claviatur fortgeleitet werden — Schallleitung. Hierüber gilt Folgendes: Die Hörkörperchen, die entweder steife, freistehende, nach Art eines Pendels schwingende Hörhaare oder gespannte, nach Art einer Saite schwingende Fasern (Cortische Fasern unserer Schnecke) sind, befinden sich in einer wässerigen Flüssigkeit, dem sogenannten Labyrinthwasser. Wo nun, wie bei manchen Fischen und Krebsen, der Labyrinthsack eine nach aussen offene Tasche ist,

pflanzen sich eben die im Wasser entstandenen Schallwellen einfach auf die Labyrinthflüssigkeit fort und diese Wasserwelle versetzt die Hörhaare in Pendelbewegung. Bei den meisten Thieren ist jedoch das Labyrinthwasser in einem geschlossenen Säckchen, dessen Wandung eine gespannte elastische Membran ist. Hierbei erregt die von aussen kommende Schallwelle eine Beugungswelle in der Membran und letztere ruft erst die Wasserwelle hervor. Häufig, und namentlich bei vielen Wasserthieren (Wasserschnecken, vielen Fischen), findet man keinerlei besondere Zuleitungsapparate, da die Schallwellen aus dem Wasser sehr leicht auf die festen Körpertheile und gespannten Membranen übergehen. Besondere Leitungsapparate trifft man bei den mit einer Schwimmblase versehenen Fischen, wenigstens findet man dort eine Kette von Knöchelchen zwischen ihr und dem Labyrinth ausgespannt und so liegt die Vermuthung nahe, dass die Wandung der Schwimmblase die Schallwellen zuerst auffängt und durch die eingeschlossene Luft und die Knochenkette fortpflanzt. Bei den in der Luft lebenden Wirbelthieren tritt zuerst ein Knochenstab (Columella) auf, der mit einem plattenartigen Ende dem Labyrinthsäckchen aufsitzt und mit seinem andern Ende an die Körperoberfläche herantritt. Bei vielen Reptilien zeigt letztere an der betreffenden Stelle keine Veränderung und der Stab steckt zwischen den Muskeln, so dass also hier die Schallwelle zuerst von der Körperoberfläche aufgefangen und durch den Stab sicherer und genauer auf das Labyrinth übertragen wird, als es die schlechtleitenden Weichtheile thun könnten. Schon bei manchen Amphibien und Reptilien, allgemein aber bei den Vögeln, ändern sich die Verhältnisse dahin: Die Stelle der Körperoberfläche, mit welcher sich der Stab in Verbindung setzt, ist eine dünne scheibenförmige, gespannte Membran (Trommelfell), und hinter ihr befindet sich ein Luftraum (die Trommelhöhle), dessen Luft durch die Ohrtrompete und Nase mit der äussern Luft so communicirt, dass keine Spannungsdifferenz zwischen beiden entstehen kann. Der Knochenstab läuft frei durch die Trommelhöhle hindurch und verbindet Trommelfell und Membran des Labyrinthsackes so, dass letztere alle Schwingungen des Trommelfells ganz genau mitmachen muss. Bei den Vögeln ist das Trommelfell durch die Federn vor direkten Berührungen, die bei den Reptilien unvermeidlich sind, geschützt, bei den Säugethieren entzieht es sich denselben durch seine Versenkung auf den Grund eines äusseren Gehörganges und es treten folgende neue Umstände hinzu. Trommelfell und Labyrinthmembran sind nicht mehr durch einen einzigen steifen Knochenstab, sondern durch eine gegliederte Kette aus drei Knöchelchen verhängt, deren gegenseitige Stellung durch willkürliche Muskeln verändert werden kann. Hierdurch wird die Bewegung der beiden

Membranen unabhängiger von einander, namentlich kann das Thier sein Trommelfell spannen und erschlaffen, und hat damit die Fähigkeit erlangt, die Schallwellen zu dämpfen (wenn es nämlich das Trommelfell spannt). Der zweite Umstand ist das Hinzutreten einer äusseren Ohrmuschel, wenigstens bei den meisten Säugethieren. Bei den tauchenden Säugethieren spielt sie die Rolle einer Klappe, welche die Erfüllung des äusseren Gehörganges mit Wasser verhindert. Der Werth dieser Vorrichtung erhellt daraus: Füllt man den Gehörgang mit Wasser, so erscheint ein erregter Schall als im Kopf entstanden, d. h. er wird nicht mehr nach aussen verlegt und zwar deshalb, weil jetzt der Schall fast nur durch die Kopfknochen zum Labyrinth geleitet wird. Da nämlich beim Aufenthalt in der Luft die Schallwellen der letzteren unendlich viel leichter auf das Trommelfell übergehen, als auf die Kopfknochen, und somit die letzteren eigentlich nur die innerlichen Schallwellen (Kaugeräusche etc.) zum Ohr leiten, so haben wir uns daran gewöhnt, die Schwingungen des Trommelfells auf Schallwellen in der Aussenwelt, die der Kopfknochen dagegen nur auf innerliche Geräusche zu beziehen. Bei den nicht tauchenden Säugethieren spielt das äussere Ohr die Rolle eines Hörrohres, namentlich gilt dies von den trichterförmigen Ohren; theils sammeln sie eine grössere Menge von Schallwellen, um sie zum Trommelfell gelangen zu lassen, da sie willkürlich beweglich sind, theils dienen sie zur Ermittlung der Richtung der Schallquelle, was Thiere ohne äusseres Ohr nur durch Stellungsveränderung des Kopfes eruiren können. Das meist unbewegliche scheibenförmige Ohr des Menschen hat die Bedeutung eines Schallsammlers offenbar verloren, allein es dient noch zur Ermittelung der Schallrichtung und zwar zwischen vorn oder hinten und oben oder unten. Wahrscheinlich bewirkt seine Stellung vor der Ohröffnung, dass die Schallwelle unter verschiedenen Winkeln auf das Ohr und die Oeffnung des Gehörganges fällt, je nachdem sie aus dieser oder jener Richtung kommt; da nun der elastische Ohrknorpel mitschwingt und seine Haut sowie die des Gehörgangs mit feinem Tastsinn begabt ist, so wird man durch das Gefühl über die Richtung belehrt.

Ueber die Modificationen des Labyrinthes sei nur gesagt, dass es in einfachster Form (z. B. Schnecken) eine kuglige, weichhäutige Blase ist. Bei den Wirbelthieren ist es mit Ausnahme von zwei Stellen, den sogenannten Fenstern, von starren Knochenwänden umgeben; in das eine Fenster ist die Endplatte der Gehörknöchelchen mittelst elastischer Membran beweglich eingesetzt. Dadurch wird bewirkt, dass die Welle des Labyrinthwassers nur in einer ganz bestimmten Richtung, nämlich vom ersten zum zweiten Fenster hinzieht, sodass die Wasserwelle regelrecht über alle

Theile der Hörkörperchenklaviatur läuft. Andrerseits scheint dieser Einschluss in starre Wandungen Einrichtungen der inneren Räumlichkeiten des Labyrinthes zu bedingen, die theils bei starken Schallwellen dämpfend wirken, theils die Eigenschwingungen der harten Theile beseitigen. Diesen Zwecken scheinen z. B. die Bogengänge zu dienen, doch ist über diese Punkte fast noch alles dunkel.

3) Eigene Geruchsorgane kennt man, wie schon pag. 55 bemerkt wurde, mit Sicherheit nur bei Wirbelthieren. Für die wirbellosen Thiere, von denen viele ein äusserst feines Riechvermögen haben, gibt es blos Vermuthungen, die bei den Insekten und Krebsen meist auf die Fühlhörner abzielen, ohne aber dafür zwingende Beweise beizubringen. Aus dem Umstand, dass wir bei allen luftathmenden Thieren dieselben in den Eingang der Luftwege verlegt sehen, darf man wohl auch die Vermuthung aussprechen, dass das Tracheensystem der Insekten vielleicht die Riechflächen birgt. Näheres weiss man nur über das Riechen der Luftwirbelthiere, besonders der Menschen. Nach den hier angestellten Versuchen ist nicht die ganze Schleimhaut der Nasenhöhlen Riechhaut, sondern nur der Ueberzug der zwei oberen Nasenmuscheln und der oberen Hälfte der Nasenscheidewand, während der Rest nur Tastsinn besitzt. Aus der Thatsache, dass sehr fein riechende Thiere eine ausserordentlich grosse Oberflächenentwicklung der Riechhaut haben, schliesst man, dass die Feinheit des Riechens von der Grösse der Berührungsfläche abhängt. Bedingung des Riechens ist, dass die mit Gerüchen imprägnirte Luft sich über die Riechfläche hinbewegt, ruhige Luft bringt keine Wahrnehmung zu Stande. Weiter zeigen die Versuche, dass nur dann entschiedenes Riechen zu Stande kommt, wenn die untere, nicht riechende Nasenmuschel den Luftstrom auf die Riechhaut dirigirt, denn wenn diese Muschel fehlt, geht der Luftstrom überhaupt nicht in die oberen Nasengänge, und wenn man die Gerüche direct durch ein Röhrchen auf die Riechhaut leitet, so ist die Geruchsempfindung ebenfalls unvollkommen. Abnorme Flüssigkeitsabsonderung auf der Riechschleimhaut sowie Trockenheit derselben heben das Riechvermögen auf. In Bezug auf letztere hat man deshalb Ursache, die Verstäubung der vorn in die Nasenhöhle einfliessenden Thränenflüssigkeit in der Einathmungsluft für ein Unterstützungsmittel des Riechvermögens zu halten. Die Feinheit der Geruchsempfindung ist relativ eine ausserordentliche, sowohl in quantitativer als in qualitativer Beziehung, jedoch über den Zusammenhang der Geruchsqualität und der Natur des Riechstoffes wissen wir nichts.

§ 27. Physiologie des Individuums.

Jedem Thiere sind zwei Generalaufgaben gestellt: die Erhaltung seines Ichs und die Erhaltung der Art durch die Fortpflanzung. Bei der Ausführung dieser Generalaufgaben stösst das Thier auf eine Reihe von äusseren Hindernissen, deren Beseitigung theils bestimmte Qualitäten des Körpers, theils bestimmte Thätigkeiten desselben verlangt; in Folge dessen steht es in einer Art von Kampfverhältniss mit der Aussenwelt, dem man die Bezeichnung „Kampf ums Dasein“ gibt.

Die Nothwendigkeit dieses Kampfes geht aus Folgendem hervor. Einmal stehen alle Thiere eines Standortes im Concurrenzverhältniss zu einander, hauptsächlich in Bezug auf Nahrungserwerb, Raum und Obdach, dann in Bezug auf die Fortpflanzung. Da bei allen Thieren die Fortpflanzung stets eine Vergrösserung der Kopfzahl anstrebt, so ist die Erhaltung des Gleichgewichts nur möglich durch einen stetigen Concurrenzkampf, der den Ueberschuss vernichtet und blos die Sieger leben lässt. Der zweite Kampf wird dadurch veranlasst, dass viele Thierarten sich von anderen nähren. Der dritte Kampf gilt den verderblichen Einflüssen der leblosen Natur. Das Ergebniss dieser Thätigkeiten des Thieres ist ein sehr mannigfaltiges. Zum Theil werden die Zwecke, zu deren Erreichung das Thier kämpft, erreicht: es existirt und pflanzt sich fort. Es erreichen aber dieses Ziel nicht alle Individuen, da ein Theil in diesem Kampfe vernichtet oder an der Ausübung der betreffenden Thätigkeit gehindert wird. Ferner ist dieser Kampf einerseits von Einfluss auf die Aussenwelt, besonders die Pflanzenwelt und die thierische Mitbewohnerschaft, indem das Thier umändernd auf sie einwirkt, andererseits wird auch das kämpfende Thier als Individuum wie als Art verändert, da bei jeder Reibung beide Theile affizirt werden.

Im Folgenden schildern wir nun die hierher gehörigen Verhältnisse. Die Selbsterhaltung, zerfallend in die Ernährung und die Selbstvertheidigung; die Erhaltung der Art, zerfallend in die Fortpflanzung, den Kampf um sie und die Entwicklung, und zum Schluss besprechen wir in dem Kapitel, welches von der Descendenzlehre handelt, die Veränderungen, welche der Kampf ums Dasein in dem Zustande der kämpfenden Theile hervorruft.

a) Ernährung.

Zu der Ernährungsthätigkeit wird ein Thier getrieben durch eine Reihe von Gemeingefühlen, deren Summe wir das Nahrungsbedürfniss nennen. Dasselbe ist hauptsächlich aus dem Hunger, der Athemnoth und, bei Luftthieren, auch noch dem Durste zusammengesetzt. Veranlasst wird es durch die fortwährende Zerstörung der Stoffe des Körpers, die wir pag. 59 als Stoffwechsel

beschrieben haben. Da nämlich nicht alle Theile des Körpers dieser Zerstörung in gleichem Grade ausgesetzt sind, so ruft sie Gleichgewichtsstörungen hervor, deren Folge Reizleitungen zwischen den in ihrem Gleichgewicht gestörten Theilen und in letzter Instanz Bewegungen sind. Die zwei Gruppen von Körpertheilen, deren Gleichgewicht gestört wird, sind die sogenannten vegetativen und animalen Theile: die ersteren, die bei den höheren Thieren hauptsächlich aus dem Darm mit seinen Anhangsorganen und der Ernährungsflüssigkeit bestehen, sind die zerstörbaren, die animalen die widerstandsfähigeren. Bei den mit einem Nervensystem versehenen Thieren kommt nun die Reizleitung dadurch zu Stande, dass die in den zerstörbaren vegetativen Theilen verlaufenden Nervenfäden gleichfalls der Zerstörung mehr ausgesetzt sind, als die in den animalen, und so entsteht eine Reizleitung, deren centripetaler Theil eben das Gemeingefühl (Hunger, Durst etc.), deren centrifugaler Theil die Auslösung einer Bewegung der animalen Theile ist. Bei den Wirbelthieren scheint der wichtigste centripetale Nerv für die Leitung des Hungergefühls und der Athemnoth der Nervus vagus zu sein.

Die Herstellung des Gleichgewichtes beruht darauf: Wenn die Bewegungen der animalen Theile die Aufnahme der nöthigen Ersatzstoffe bewirkt haben, sind die vegetativen Theile die ersten, welche daraus Vortheile ziehen und wieder in den Normalzustand zurückkehren, während andererseits die animalen Theile dadurch, dass sie Bewegungen ausführten, einer ergiebigeren Zerstörung sich ausgesetzt haben, und so ist das Gleichgewicht in umgekehrter Richtung zerstört: in den animalen Theilen tritt jetzt ein Gemeingefühl, das Gefühl der Ermüdung, ein. Die Folge ist das Aufhören der Bewegungen in den animalen Theilen, das Thier ruht äusserlich und in den vegetativen Theilen treten lebhaftere Bewegungen auf, die die Verdauung und Aufsaugung der Ersatzstoffe zum Ergebniss haben. Dabei vermitteln die Nerven, welche früher das Hungergefühl zum Centralorgan leiteten, jetzt das Sättigungsgefühl. So setzt sich denn die Ernährung eines Thieres aus abwechselnden Perioden äusserer Ernährungsthätigkeit und Verdauungsruhe zusammen.

Der Wechsel von Tag und Nacht bringt es mit sich, dass der Wechsel von Thätigkeit und Ruhe der Thiere mehr oder weniger in täglichen Perioden oder Doppelperioden verläuft. Bei den Nachtthieren fällt die Thätigkeitsperiode auf die Nacht, die Ruheperiode auf den Tag, jedoch ist die tägliche Thätigkeitsperiode häufig noch durch eine oder mehrere Ruhepausen unterbrochen, so z. B. sehr häufig durch eine Mittagspause und bei den Nachtthieren durch eine Mitternachtsruhe.

In Bezug auf die quantitativen Verhältnisse des Stoffwechsels

lässt sich der Lebenslauf des Individuums in drei Perioden eintheilen: die Periode des positiven Stoffwechsels, Wachsthumsperiode, während welcher die Summe der aufgenommenen Stoffe grösser ist, als die der abgesonderten; die Periode des Stoffwechselgleichgewichts, während welcher gewöhnlich die täglichen Verluste auch täglich wieder gedeckt werden und somit das Körpervolum sich nahezu gleich bleibt; die Periode des negativen Stoffwechsels, während welcher die Ausgaben stetig die Einnahmen überwiegen, rückschreitende Periode, die durch den natürlichen Tod beendigt wird. Diese Perioden sind bei den verschiedenen Thieren von äusserst verschiedener relativer Dauer. So ist z. B. bei manchen Insekten (Eintagsfliegen) die erste Periode sehr lang, während sich die zwei letzten Perioden in wenigen Stunden abwickeln und mit dem Tode enden. Bei anderen Thieren fehlen eigentlich die zwei letzten Perioden ganz, sie besitzen ein nahezu unbegrenztes Wachsthum (z. B. Fische, Reptilien), und dasselbe wird dann nur durch den wohl immer gewaltsamen Tod beendet. Bei den Thieren mit endlichem Wachsthum ist die Gleichgewichtsperiode öfter fast Null, z. B. bei vielen Insekten, die sofort nach ihrer Verwandlung die Eier ablegen, täglich an Gewicht abnehmen und schliesslich an Stoffverlust sterben. Dem gegenüber stehen die mehrjährigen Thiere mit endlichem oder nahezu endlichem Wachsthum und einer langen Gleichgewichtsperiode; bei diesen ist jedoch die Bezeichnung Gleichgewichtsperiode nicht absolut, sondern relativ zu nehmen. Wenn nämlich die Nahrung in reichlicherer Menge geboten wird als zuvor, so tritt eine kurze Periode positiven Stoffwechsels ein, das Thier nimmt an Masse zu, um aber nach kurzer Zeit bei gleichbleibender Futtermenge wieder in den Gleichgewichtszustand zu gerathen, d. h. dahin, dass die täglichen Ausgaben und Einnahmen sich wieder die Wage halten. Umgekehrt, wenn die Futtermenge reduzirt wird, tritt nach einer kurzen Periode negativen Stoffwechsels wieder das Gleichgewicht ein. Bei den frei lebenden mehrjährigen Thieren bringt der Jahreszeitenwechsel solche Schwankungen der Futtermenge mit sich und somit einen Wechsel zwischen einer Feistzeit und einer Periode der Magerkeit; am ausgeprägtesten ist diese Periode bei den Winterschläfern.

Das relative Futterquantum, d. h. das Verhältniss zwischen Körpergewicht und täglicher Futtermenge, ist durch folgende Umstände bedingt: 1) kleinere Thiere brauchen relativ mehr Futter als grosse; 2) lebhafte Thiere mehr als träge; 3) in kalter Luft ist das Nahrungsbedürfniss grösser als in warmer; 4) warmblütige Thiere fressen mehr als kaltblütige; 5) die Futtermenge richtet sich nach der Qualität des Futters; 6) haben wir es mit

individuellen und solchen Unterschieden zu thun, die mit der Stellung des Thieres im System zusammenhängen.

Ueber die Qualität des Futters ist Folgendes zu sagen: Chemisch muss dasselbe eiweissartige Körper, Fette oder Kohlenhydrate und gewisse Salze enthalten (siehe pag. 7 u. ff.) und für jedes Thier gibt es ein zuträglichstes Mengenverhältniss dieser Nährstoffe, das jedoch nach den äusseren Lebensbedingungen variirt; der thätige Zustand z. B. verlangt relativ grössere Mengen von stickstoffhaltigen Nährmitteln, und kaltes Klima eine relativ grössere von Kohlenhydraten und Fetten etc. In physikalischer Beziehung ist das Futter der einzelnen Thiere sehr verschieden, indem die einen nur flüssige Nahrung aufnehmen, andere nur feste (neben Wasser); bei letzteren hängt die Verdaulichkeit des Futters sehr ab von dem Grade mechanischen Reizes, den das feste Futter auf die Darmwände ausübt, und von der Grösse der Oberfläche, welche das Futter den lösenden Verdauungssäften darbietet, weshalb unter sonst gleichen Verhältnissen poröse Futterstoffe leichter verdaut werden als compakte, fein zerkleinerte aber auch besser als breiige, weil bei letzteren der mechanische Reiz auf die Magenwände zu gering ist. Die meisten Nahrungsmittel enthalten neben den in den Verdauungssäften löslichen Nährstoffen noch unlösliche, welche dann einen wesentlichen Theil des entleerten Kothes bilden. Nahrungsmittel, bei denen die unlöslichen Theile überwiegen, bedürfen längere Zeit zu ihrer Verdauung, als solche, die arm daran sind. Nahrungsobjekt für die Thiere sind in erster Linie die Pflanzen (Pflanzenfresser), in zweiter Linie andere Thiere (Fleischfresser); Thiere, welche aus beiden Reichen ihre Nahrung beziehen, heissen Allesfresser (Omnivora). Im Uebrigen findet nun eine ungeheure Mannigfaltigkeit in der Auswahl der verschiedenen Futterstoffe seitens der einzelnen Thierarten statt: einerseits hat fast jede Thierart ihren eigenen Kreis von Futterstoffen und diese Kreise sind bald sehr gross (polyphage Thiere), bald sehr klein (oligophage bis monophage Thiere). Die endlosen Verschiedenheiten in dieser Beziehung zu schildern, ist Sache der speziellen Zoologie. Diejenigen Futterstoffe, welche nicht innerhalb des Ernährungskreises eines Thieres liegen, zerfallen mit Bezug auf dasselbe in gleichgültige, die es entweder einfach nicht frisst oder nicht fressen kann, und in positiv schädliche, sogenannte giftige, die ihm Tod oder Krankheit bringen. Bei der Auswahl des richtigen Futters und der Zurückweisung des schädlichen kommen zuerst die Sinneswerkzeuge in Betracht, besonders die chemischen (Geruch und Geschmack), durch deren Vermittlung entweder angenehme oder unangenehme (Ekel) oder gar keine Gemeingefühle hervorgerufen werden. Zur Erklärung, warum ein und derselbe

Futterstoff bei dem einen Thiere angenehme, beim andern unangenehme Gefühle hervorruft, haben wir das Wort „Instinkt“ erfunden, worunter man eine „angeerbte Gewohnheit“ versteht. Das Zustandekommen des Instinktes ist wohl so zu verstehen: Da ein Thier, welches ihm nicht zusagende Nahrung aufnimmt, zu Grunde geht, so haben wir in den überlebenden Individuen Wesen vor uns, welche durch viele Generationen das gleiche zusagende Futter genossen haben. Dadurch gelangten deren Sinnesnerven in den Zustand besonderer Leitungsfähigkeit für die von diesen Nährmitteln ausgehenden Sinnesreize, sie werden für sie gewissermassen adäquate Reize, denen gegenüber die von anderen Futtermitteln ausgehenden inadaequat genannt werden müssen. Wie wir aus der Sinnesphysiologie wissen, rufen adäquate Reize meist angenehme, inadäquate meist unangenehme Empfindungen hervor.

Die Bewegungen der Thiere, die mit der Nahrungsaufnahme verbunden sind, zerfallen in die äusseren, dem Willen unterworfenen, und die inneren, dem Willen entzogenen. Bei den ersteren unterscheiden wir diejenigen, welche die Erbeutung des Futters bewirken, und die Fressbewegungen. Das Futter erlangt das Thier entweder durch mehr oder weniger ausgedehnte Ortsveränderung oder es lebt mehr oder weniger ständig auf seinem Futterobjekt (Parasiten), oder es ist sesshaft (viele Seethiere) und erlangt dann nur solche Futtergegenstände, welche eigene Bewegung oder die des Wassers in seine Nähe führt, oder es erzeugt durch Wimperung einzelner Körperflächen Wasserströmungen, welche kleine in der Nähe befindliche Futterstoffe herbeiführen. Bei der Auffindung des Futters spielen die Distanzsinne eine Hauptrolle und je nach der Ernährungsweise ist entweder der Geruchsinn oder Gesicht oder Gehör besonders ausgebildet. Thiere, welche sich von lebendiger Beute nähren, bedürfen zur Erreichung derselben entweder ein sehr entwickeltes Ortsbewegungsvermögen (Schnelligkeit, Gewandheit, Ausdauer etc.), oder entwickelte Intelligenz (List, Schlauheit etc.), um zum Ziele zu gelangen. Zur Ergreifung ihrer Beute bedienen sich die Thiere entweder ihrer Fresswerkzeuge oder ihrer lokomobilen Gliedmassen. Die Beute wird entweder lebendig verschlungen oder zuvor getödtet und zwar entweder auf mechanische Weise oder durch Gift (Schlangen, Nesselthiere, Spinnen etc.).

Die Fressbewegungen sind bei ausschliesslich flüssiger Nahrung meist saugende, wobei entweder die Mundhöhle oder der Schlund die Rolle einer Saugpumpe spielt. Bei fester Nahrung zerfallen sie in die Kau- und Schlingbewegungen. Die ersteren führen zur Zerkleinerung der Nahrung und zugleich zur Durchknetung derselben mit den in die Mundhöhle sich ergiessenden Verdauungssäften (Einspeicheln) und bestehen aus den Bewegungen

harter Theile (Zähne etc.) gegen einander, wobei die Zunge das Futter immer wieder zwischen die Zähne schiebt. Die Schlingbewegungen befördern den Bissen aus der Mundhöhle in die Speiseröhre, wobei besonders Zunge und Schlundkopf thätig sind. Uebrigens kommen hier die mannigfaltigsten Modalitäten vor.

Die unwillkürlichen Bewegungen des Darmschlauchs, die eine Folge des durch die Nahrung bewirkten Reizes sind, veranlassen 1) eine Durchmischung der Speisen mit den Verdauungssäften; 2) das allmälige Fortrücken des Speisebreies durch den Darmschlauch; 3) die reichlichere Absonderung der Verdauungssäfte; 4) unterstützen sie die Circulation von Blut und Lymphe in den Darmwänden und damit die Aufsaugung; 5) treiben sie die unverdaulichen Reste bis in den Enddarm, von wo sie durch Bewegungen, die dem Willen untergeben sind (Bauchpresse pag. 98) ausgestossen werden. In den sackartigen Ausweitungen des Darms (Magen, Kropf) verweilen die Speisen länger und werden von der Muskulatur derselben in eine kreisende Bewegung versetzt. Bei den Wiederkäuern wird das im Magen erweichte Futter behufs einer zweiten Durchkauung noch einmal in dieMundhöhle zurückbefördert und dann erst definitiv verschluckt.

Wasser bedürfen die Thiere einmal zum Ersatz der Wasserverluste, welche namentlich die Luftthiere in Folge der Verdunstung auf der Hautfläche und den Athmungsflächen und durch die flüssigen Exkrete haben, ferner bedienen sich viele Wasserthiere desselben zur Vermehrung ihres Körpervolums (siehe Wassergefässsystem pag. 99). Das Ersatzwasser ist entweder schon der festen Nahrung beigemischt oder es wird durch einen besonderen Akt, das Trinken, aufgenommen, das im wesentlichen von den gleichen Bewegungsorganen ausgeführt wird wie das Fressen.

Ueber die Aufnahme des Sauerstoffs, (pag. 68, 100 u. 116) sei hier nur gesagt, dass dieselbe keinen Pausen unterworfen ist, da ihre Unterbrechung nur von wenigen Thieren nennenswerth lang ertragen wird, am kürzesten von den warmblütigen Thieren. Bei den meisten Thieren hängt auch sie von gewissen Bewegungen ab und da kommen folgende Hauptfälle vor: 1) Das Thier hat blos Hautathmung oder athmet mit äusserlichen Kiemen. In diesem Fall kann schon die Bewegung des Wassers selbst genügen, da dieselbe stets frische Sauerstoffmengen herbeiführt; oder es wird durch Flimmerbewegung oder rhythmisches Schlagen der Kiemen eine Wasserströmung erzeugt. 2) Das Thier muss die Luft oder das sauerstoffhaltige Wasser in innere Hohlräume, die als Athmungsflächen dienen, aufnehmen. In diesem Fall werden rhythmische Athembewegungen gemacht. Bei den Fischen sind es Schlingbewegungen, die das Wasser in die Mundhöhle bringen und durch die Kiemenspalten, an deren Rändern die Kiemen sitzen,

wieder austreiben. Bei den Luftathmern beruht die Luftaufnahme meist aus pumpenden Blasebalgbewegungen, die in zwei Akte, die Einathmung (Inspiration) und Ausathmung (Exspiration), zerfallen. Die Räume, in welche die Luft aufgenommen wird, sind in diesem Falle mit steifen Wandungen versehen und meist ist der eine der Akte aktiver Natur, während der andere Elasticitätswirkung der Wandungen ist. Bei den Lungenthieren ist die Einathmung aktiv, die Ausathmung passiv, bei den Thieren mit einem Luftgefässsystem (Insekten etc.) ist es umgekehrt, indem die Zusammenziehung des Hautmuskelschlauchs die Luft auspresst und die elastischen Luftröhren bei ihrer Wiederausdehnung sie einsaugen.

b) Die Selbstvertheidigung.

Alle Thiere sind in ihrer Existenz durch eine Reihe verschiedenartiger Gefahren bedroht, deren wichtigste die klimatischen Einflüsse und die ihnen feindlichen Raubthiere und Schmarotzer sind. Sich gegen die Vernichtung oder Schädigung durch diese Einflüsse zu schützen und zu vertheidigen, ist mithin eine so wichtige Aufgabe des Individuums, wie seine Ernährung.

Unter den klimatischen Gefahren sind Temperaturextreme die empfindlichsten. Gegen die Kälte sind die mit Haaren oder Federn versehenen Thiere, sowie die, welche eine Speckschicht unter der Haut haben, am besten geschützt, und da es nicht zu leugnen ist, dass die Kälte einfach als Wachsthumsreiz auf Haare und Federn wirkt, so ist dem Thier eine Selbstthätigkeit in dieser Richtung grossentheils erspart, zumal da auch der zweitwichtigste Theil des Kälteschutzes, die gesteigerte Nahrungsaufnahme, von selbst sich macht, indem die Kälte das Nahrungsbedürfniss steigert. Eine andere Methode sich vor der Winterkälte zu schützen, die gleichfalls dem Willen des Thieres entrückt ist, besteht im Winterschlaf, der bei den Insekten bald im Eizustand, bald im Puppen- oder Larvenzustand, bald im vollendeten Zustande, bei den Wirbelthieren nur im letzteren abgehalten wird. Derselbe besteht in einer Herabsetzung des Stoffwechsels auf ein solches Minimum, dass das Thier in geschütztem Versteck auf den Nahrungserwerb verzichten kann und so nicht genöthigt ist, sich den nur in freier Luft entstehenden Kälteextremen auszusetzen. Auch willkürliche Ortsbewegungen dienen dem Schutz gegen Kälte: so ziehen die Wandervögel Winters in wärmere Klimate (Wanderflug), Hochgebirgsthiere in die geschützteren Thäler, Thiere des Binnenlandes an die wärmere Seeküste etc.

Den Wärmeextremen entziehen sich die Thiere allgemein durch Aufsuchen kühlerer Verstecke während der heissesten Tageszeit und viele tropische Thiere durch einen Sommerschlaf an geschütztem Orte.

Die Vertheidigung gegen feindliche Thiere wird zum Theil auf passive Weise bewirkt. Unter den passiven Vertheidigungsmitteln sind die wichtigsten diejenigen, welche die Erblickbarkeit vermindern. Die wichtigste Rolle spielt hiebei die Körperfarbe und es gilt hierüber Folgendes: Schutz gewährt 1) wenn die Körperfarbe mit der des Hintergrundes, auf dem das Thier sitzt, übereinstimmt; 2) Vernichtung der Contur durch bunte Körperfarbe, namentlich dann, wenn auch der Hintergrund bunt ist; 3) mimetische Körperfarbe, d. h. wenn sie dieselbe ist, wie die lebloser, am Aufenthaltsort ebenfalls häufiger Gegenstände, z. B. flechtenfarbige Schmetterlinge, Schmetterlinge, die einen Vogelkoth in Farbe und Gestalt nachahmen etc.; 4) das Uebersehenwerden hängt auch von der Körpergestalt ab, namentlich sind sehr viele Thiere dadurch beschützt, dass sie in Gestalt und Farbe leblosen Dingen, wie dürren Blättern, Flechtenflecken, Stengeln etc. gleichen, was man ebenfalls als Mimesie bezeichnet. 5) Einen sehr wirksamen Schutz gewährt auch geringe Körpergrösse. 6) Ekelhafte oder giftige Absonderungen bewahren viele Thiere vor dem Gefressenwerden; so sichern sich die Wanzen, manche Raupen und marderartige Thiere durch stinkende Absonderungen, die in der Gefahr ausgepresst werden; die Giftschlangen, stechenden Insekten etc. durch Giftwerkzeuge. Dabei ist es eine sehr allgemeine Erscheinung, dass giftige Thiere in hohem Grade erblickbar sind, ganz im Gegensatz gegen die schwer sichtbaren giftlosen. Dies bringt dem Thiere den Vortheil, dass es vor unbedachtsamer Tödtung seitens eines Feindes geschützt ist, weil dieser es schon von weitem kennt. Dies gibt Anlass zu einer merkwürdigen Mimesie, indem giftlose Thiere, wenn sie in Form und Körperfarbe solchen Giftthieren gleichen, die mit ihnen an demselben Orte leben, auch für giftig gehalten und verschont werden. Dieses Verhältniss besteht z. B. zwischen gewissen giftigen und ungiftigen Schlangen und sehr allgemein zwischen stechenden und nichtstechenden Insekten. Uebrigens ist zu bemerken, dass giftige Thiere, die sich des Giftes vorzugsweise zum Tödten ihrer Beute bedienen, schwer erblickbar sind, denn das Gegentheil würde ihre Existenz beeinträchtigen (viele Spinnen). Ein von vielen Thieren, z. B. Seesternen, Würmern, Blindschleichen, Eidechsen, manchen Vögeln etc., benütztes passives Vertheidigungsmittel ist die leichte Trennbarkeit ihrer Körpertheile, besonders der Schwänze, welche einem Verfolger am meisten exponirt sind. Häufige Schutzmittel sind gewisse physikalische Eigenthümlichkeiten der Körperoberfläche, z. B. grosse Glätte (Aal etc.), Stacheln, Dornen und Hautpanzer, besonders wenn das Thier seine verwundbaren Theile in diese Panzer zurückziehen kann (Igel, Schildkröten, Schalthiere etc.). Das Anfertigen von Futteralen gehört auch hierher. Dazu kommt

natürlich noch eine Unzahl spezieller Vorrichtungen, die hier nicht alle geschildert werden können.

Bei der activen Vertheidigung spielt die durch die Sinne, besonders die Distanzsinne, bewirkte rechtzeitige Erkennung der Gefahr die Hauptrolle und deshalb sehen wir, dass bei viel verfolgten Thieren und bei solchen, die nicht passiv beschützt sind, die Fernsinne eine hohe Ausbildung besitzen.

Die activen Vertheidungsmethoden sind der Hauptsache nach folgende: Viele Thiere sind einfach dadurch beschützt, dass sie unbeweglich still sitzen, andere drücken sich bei herannahender Gefahr (Hase, Feldhuhn, manche Fische) oder stellen sich todt. Sehr viele auf Pflanzen lebende Insekten lassen sich bei letzterem Akte zugleich zu Boden fallen und verschwinden so im Pflanzengewirr. Wieder andere verändern dabei plötzlich ihre Körperumrisse (Eulen, Rohrdommel, Wiedehopf, Feuerkröte etc.), um einen leblosen Körper vorzustellen. Andere, wie die Frösche, manche Reptilien, vergrössern ihren Körperumfang, theils um das Verschlungenwerden unmöglich zu machen, theils um Furcht einzujagen, welcher besondere Umstand auch das Sträuben der Haare und Federn erklärt. Eine sehr allgemeine Vertheidigungsmethode ist die Flucht, wobei entweder Verstecke aufgesucht werden, oder ein Wettkampf der Ortsbewegung zwischen Beute und Verfolger eintritt. Beim Verstecken spielt die Körpergestalt und Körpergrösse eine Hauptrolle, indem kleinen Thieren und solchen von schlanker Körpergestalt eine viel grössere Summe von Verstecken zu Gebote steht. Andere Thiere lassen es auf den Kampf ankommen, wobei sie sich ihrer Körpertheile zum Stossen, Greifen, Beissen, Schlagen, Stechen etc. bedienen. Auch starkes Schreien, um den Gegner zu erschrecken, ist ein Vertheidigungsmittel. Eines der wichtigsten endlich ist geselliges Leben, indem hier die Gefahr nicht nur viel leichter wahrgenommen, sondern auch mit vereinten Kräften bekämpft wird.

c) Die Fortpflanzung.

Unter der Fortpflanzung verstehen wir die Erzeugung neuer Individuen durch Mutterindividuen, deren Ergebniss der Fortbestand der Art durch lange Zeiträume ist, trotzdem die Lebensdauer des Individuums enge Gränzen hat.

Ueber das Zeitliche dieser Thätigkeit gilt im Allgemeinen, dass die Fortpflanzung ans Ende der Wachsthumsperiode (pag. 113) fällt und bei den Thieren mit unendlichem Wachsthum wird letzteres wenigstens bedeutend gemindert, sobald die Fortpflanzungsthätigkeit beginnt. Ausnahmsweise kommt jedoch Fortpflanzung innerhalb der Wachsthumsperiode vor (sogenannte Paedogenesis, wie bei einigen Zweiflüglerlarven). Bei sehr vielen Thieren erfolgt die

Fortpflanzung nur einmal und dieselben sterben rasch darnach, bei andern erfolgt sie mehrmals. In kaltem und gemässigtem Klima fällt die Fortpflanzung in der Regel in die warme Jahreszeit und sistirt in der kalten, in den Tropen fällt dagegen der Stillstand in die heisseste Zeit oder die Periodicität mangelt im Grossen und Ganzen vollständig. Kleinere Thiere pflanzen sich häufig mehrmals in einem Jahre fort, grössere meist nur einmal und dann um eine bestimmte Jahreszeit (Brutzeit, Brunstzeit, Ranzzeit etc.). Endlich ist bei manchen (Mensch) die Fortpflanzung von der Zeit unabhängig. Die Zahl der von einem Individuum erzeugten Nachkommenschaft ist höchst verschieden und es lässt sich, aber nur im Allgemeinen, Folgendes darüber sagen: Bei grossen Thieren ist die Zahl der Nachkommenschaft viel geringer als bei kleineren Thieren. Dann haben Thiere, deren Brut eigentlich nur durch Zufall an die zu ihrer Entwicklung taugende Oertlichkeit gelangen kann (z. B. Eingeweidewürmer), eine ganz besonders zahlreiche Nachkommenschaft. Unter den Wirbelthieren werden die Warmblüter an Fruchtbarkeit von den Kaltblütern weit übertroffen. Mag übrigens die Zahl der Nachkommen sein, wie sie will, immer übersteigt sie den die Erwachsenen treffenden Abgang der Kopfzahl so sehr, dass jedes Thier im Stande wäre, binnen kurzer Zeit die ganze Erde mit seiner Nachkommenschaft zu überschwemmen, sofern alle Keime zur vollen Entfaltung kommen könnten.

Die von einem Individuum erzeugte Nachkommenschaft gleicht entweder in hohem Grade den Erzeugern oder die erzeugten sind von den Erzeugern sämmtlich bedeutend verschieden, aber so, dass die erste und dritte Generation und wieder die zweite und die vierte sich gleichen, und die beiden zuerst genannten von den beiden letzten sich erheblich unterscheiden; den letzteren Fall nennt man Generationswechsel (Salpen, Hydroiden etc.). Uebrigens ist auch da, wo jede Generation der andern gleicht, die Uebereinstimmung keine ganz vollständige, insofern als die Jungen, namentlich bei mehrgebärenden Thieren, unter sich ziemliche Verschiedenheiten in fast allen Merkmalen aufweisen können, so dass dann einzelne mehr, die andern weniger den Eltern gleichen. Individuen, deren Jungen unter sich und den Erzeugern in hohem Grade ähnlich sind, schreibt man grosse Vererbungsfähigkeit („mächtiges Blut") zu, ohne dass man jedoch wüsste, worauf die Vererbung der Eigenschaften überhaupt beruhte. Ein Anklang an die Erscheinung des Generationswechsels ist die Thatsache, dass häufig (z. B. beim Menschen) die Enkel den Grosseltern mehr gleichen als den Eltern, oder dass Anklänge an noch weiter rückwärts liegende Generationen auftreten; man bezeichnet dies als Atavismus.

Bezüglich des Fortpflanzungsaktes unterscheidet man hauptsächlich zweierlei wesentlich verschiedene Modalitäten: die ungeschlechtliche und die geschlechtliche Fortpflanzung. Sehr viele Thiere, namentlich die höher organisirten, pflanzen sich nur geschlechtlich fort; wo die ungeschlechtliche Fortpflanzung vorkommt, alterirt sie gewöhnlich mit geschlechtlicher und es steht fast zu vermuthen, dass dieses Verhältniss auch da besteht, wo es noch nicht aufgefunden wurde, und dass die ungeschlechtliche Fortpflanzung (Metagenesis) nur als eine besondere Modification des Wachsthumsprozesses aufgefasst werden darf, das heisst als ein Wachsthum, das mit Ablösung oder Spaltung endigt. So wie nun die geschlechtliche Fortpflanzung mit dem gewöhnlichen Wachsthume alternirt, scheint sie auch mit der ungeschlechtlichen Fortpflanzung abzuwechseln. Dieser Wechsel erfolgt entweder so, dass die eine Generation geschlechtlich, die nächste ungeschlechtlich entsteht (Salpen), oder es folgen mehrere ungeschlechtliche Generationen auf eine einzige geschlechtliche (Blattläuse).

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung ist bei niedrig organisirten Thieren sehr häufig, bei höher organisirten selten und hört bei den Wirbelthieren ganz auf. Sie verläuft unter folgenden Modalitäten.

1) Fortpflanzung durch Theilung, wobei kein Mutterthier übrig bleibt. Der häufigste Fall ist die Zweitheilung (Infusorien), seltener der Zerfall des Thierkörpers in viele Theile, ja sogar in seine einzelnen Zellen (Diasporogenesis der Schwämme und Süsswasserpolypen?). Ist die Theilung unvollständig, so entstehen Individuenstöcke (Korallen).

2) Fortpflanzung durch Knospung. Das Junge wächst gleich einem Knospungsorgan aus einem Mutterthier hervor, das dabei zu Grunde gehen kann (Echinodermenlarve), häufig aber intakt zurückbleibt. Unterbleibt die Ablösung, so entstehen Individuenstöcke (Hydroidpolypen). Im letzteren Falle kann eine Complikation, die polymorphe Knospung, eintreten, indem zweierlei Nachkommen entstehen, geschlechtslos bleibende, die sich nicht ablösen, und geschlechtliche, die morphologisch und physiologisch den Blüthen und Früchten der phanerogamen Pflanzen gleichen und die dann bei den einen am Stocke haften bleiben, bei andern sich zu selbständigem Leben ablösen (Anthogenesis bei Hydroidpolypen und Echinodermenlarven).

3) Von der Sporung, wobei ein Mutterthier einzelne Zellen als Sporen aussendet, oder einzelne Thiere innerlich in Sporen sich auflösen, die ausschwärmen, ist es noch fraglich, ob sie zu der geschlechtlichen oder ungeschlechtlichen Fortpflanzungsweise

gehört, da in vielen Fällen eine vorgängige Conjugation (siehe unten) beobachtet wurde.

Geschlechtliche Fortpflanzung nennt man die Modalität, bei welcher der Keim aus der Vereinigung der Geschlechtsproducte, des weiblichen Eies und des männlichen Samens, entsteht. Als den ersten Anfang geschlechtlicher Fortpflanzung sieht man jetzt die namentlich bei einzelligen Thieren beobachtete Conjugation an, die darin besteht, dass zwei Individuen zu einem verschmelzen, welches letztere sich dann in Keimkörner auflöst. Den Akt der Vereinigung von Ei und männlichem Samen nennt man die Befruchtung.

Ueber die Modalitäten der Befruchtung gilt Folgendes: Trotzdem, dass es hermophroditische Thiere (solche mit männlichen und weiblichen Geschlechtstheilen) gibt, scheint das Wesentliche doch das zu sein, dass Ei und Samen von zwei verschiedenen Individuen herrühren, denn auch bei den Hermaphroditen scheint allgemein wechselseitige Befruchtung nöthig zu sein. Damit stimmen schon die mannigfaltigen Vorrichtungen, die bei den hermaphroditischen Pflanzen zur Vermeidung der Selbstbefruchtung getroffen sind. Weiter hat man bei der Thierzucht die Beobachtung gemacht, dass Blutsverwandte (im Inzuchtverhältniss stehende) Thiere weniger oder gar nicht fruchtbar mit einander, und ihre Nachkommen schwächlicher sind, als wenn die Thiere nur entfernt blutsverwandt sind. Aehnliches tritt auch ein bei Thieren, die lange unter den gleichen äusseren Verhältnissen gelebt haben (gleiches Futter, gleicher Stall etc.) Dies weist darauf hin, dass wirksame Befruchtung eine gewisse mittlere constitutionelle Differenz der beiden Geschlechter voraussetzt; fehlt diese Differenz (Selbstbefruchtung), so kann die Befruchtung gehindert sein; ist sie gering (Inzucht), so erfolgt sie zwar, aber die Nachkommen sind entweder schwächlich oder von phlegmatischem Temperament; grössere Differenz (Blutauffrischung, wenn die Erzeuger nicht näher blutsverwandt sind oder unter verschiedenen Existenzbedingungen standen), erzeugt kräftige Nachkommen von lebhaftem Temperament; wird sie noch grösser (Rassenkreuzung), so wird häufig die Macht der Vererbungsfähigkeit geschwächt; steigt sie noch einmal (Bastardirung, wenn die Erzeuger zwei verschiedenen Arten angehören), so ist sie entweder erfolglos oder die erzeugten Bastarde sind (wenigstens unter sich) nicht mehr fruchtbar. Will man aus diesen Erfahrungen eine Theorie der Befruchtung construiren, so kann man etwa sagen: Stoff- und Kraftwechsel des Protoplasmas hängt ab von den elektromotorischen Gegensätzen seiner Bestandtheile (siehe pag. 71); beim Ei sind sie so gering, dass es ohne Befruchtung zu Grunde geht. Die Stoffe des Eies und die des männlichen Samens stehen nun zu einander im Ver-

hältniss elektromotorischer Spannung, es wird somit ihre Vermischung die elektromotorischen Gegensätze im Protoplasma steigern, so dass es seine Energie zu Stoff- und Kraftwechsel wiedergewinnt. Ist jedoch die Spannung zu gering (Inzuchtverhältniss), so entstehen Thiere mit energielosem Protaplasma, während andererseits bei zu grosser Spannung (Bastardirung) Selbstzerstörung des Eiprotoplasmas eintreten kann. Bei den getrenntgeschlechtlichen Thieren haben die Befruchtungsverhältnisse offenbar einen Einfluss darauf, ob das erzeugte Junge männlichen oder weiblichen Geschlechts ist. So ist kaum ein Zweifel darüber, dass bei Bienen und Wespen die Befruchtung stets weibliche Individuen erzeugt, während die Männchen aus unbefruchteten Eiern entstehen, und dass das Umgekehrte bei einigen Kleinschmetterlingen stattfindet. Allein alle Versuche, bei denjenigen Thieren, deren Eier in beiden Fällen befruchtet werden müssen, eine Theorie für die Erzeugung der Geschlechter zu finden, sind bis jetzt gescheitert.

Schon im Vorigen wurde angedeutet, dass nicht bei allen Thieren das Ei zu jener Entwicklung die Befruchtung nöthig hat. Diese Erscheinung nennt man Parthenogenesis und sie kommt bei einigen Thieren (siehe oben) regelmässig vor, bei anderen scheint sie als Ausnahme auftreten zu können. Im Allgemeinen ist die parthenogenetische Fortpflanzung nur wenigen Thieren eigen und auch bei diesen scheint eine Alternirung mit geschlechtlicher Fortpflanzung nöthig zu sein. Die äusseren Umstände der Befruchtung sind folgende: entweder giesst das Männchen seinen Samen auf die schon abgelegten Eier aus (äusserliche Befruchtung) oder es spritzt denselben bei einem sogenannten Begattungsakt in die Geschlechtstheile (innerliche Befruchtung). Im letzteren Falle verfügt das männliche Geschlecht meist noch über ein Begattungsorgan (penis), das zugleich Wollustorgan ist. Dem Begattungsakt geht in der Regel eine Volumsvermehrung, mit Versteifung und Stellungsveränderung, eine sogenannte Erektion, des Wollustorgans voran, die im Wesentlichen auf einer Vermehrung der Blutzufuhr und einer Hemmung oder gänzlichen Behinderung des Blutabflusses beruht. Die mechanische Reizung, welche das Wollustorgan in den weiblichen Genitalien erfährt, löst eine peristaltische Bewegung der Samenbehälter aus, wodurch der Same entleert wird. Letzterer gelangt entweder sofort zu den Eiern und befruchtet sie oder er wird (bei Insekten) zunächst in eine Samentasche des Weibchens entleert und die Befruchtung erfolgt erst später durch einen Akt dieses letzteren Organs.

Gerade so wie die Selbsterhaltung des Individuums einen Kampf mit den sich ihm entgegenstellenden Hindernissen zu bestehen hat, so ist es auch bei der Fortpflanzung. Dieser Kampf ist einmal ein Concurrenzkampf der Artgenossen, ausgeführt vom

männlichen Geschlecht, wobei es sich um Vertreibung des Nebenbuhlers durch List oder Gewalt handelt, oder zweitens ein Wettbewerb um die Gunst des Weibchens durch Entfaltung bestechender, sinnlich erregender Eigenschaften oder Fähigkeiten, letzteres besonders bei den Vögeln (Gesang, leuchtende Farben etc.). Ueber die Wirkung des letzteren Kampfes siehe später.

d) Entwicklung des Individuums.

Das Resultat der Befruchtung des Eies ist dessen Entwicklung zu einem dem Mutterwesen gleichen oder ähnlichen Individuum. Das Wesentliche der Entwicklung ist eine Differenzirung des mehr oder weniger homogenen Ei-Inhaltes in die Schichten, Systeme, Segmente, Organe etc., aus denen der Erzeuger zusammengesetzt ist. Bei den vielzelligen Thieren ist der erste Akt eine fortgesetzte Theilung der Eizelle (Dotterfurchung) in eine Vielzahl von Furchungskugeln, oder besser gesagt Embryonalzellen, die ursprünglich einander fast ganz gleich sind. Der zweite Akt ist die Lagerung der Zellen zunächst in zwei Schichten unter gleichzeitiger Bildung eines inneren Hohlraums und einer primitiven Oeffnung. Von jetzt an trennen sich die Entwicklungsrichtungen je nach der Organisationshöhe des Erzeugers, die niedersten vielzelligen Thiere bleiben zweischichtig (Seeschwämme, manche Cölenteraten), andere vermehren die Zahl der Schichten: dreischichtig bleiben die meisten Cölenteraten, bei den Enteraten folgt auf den dreischichtigen Zustand der Zerfall in zwei Schichtengruppen (Hautmuskelschlauch und Darmschlauch). Bei denjenigen Thieren, deren Leib segmentirt ist, folgt auf die Differenzirung der Schichten die Zerfällung in Segmente und die Anlage der Systeme und darnach erst die Bildung der Organe durch Knospung, Abspaltung, Schichtenfaltung etc. Das Heranwachsen aller dieser Theile sowie ihre weitere Differenzirung führt das Junge allmählig bis zu dem Zustande des Erzeugers. Während der Entwicklung belegt man das junge Individuum je nach der Entwicklungshöhe, die es erreicht hat, mit besonderen Namen: Embryo heisst es in der ersten Zeit, solange nur erst die Schichtendifferenzirung im Gange ist, später nennt man es entweder Fötus, wenn es während dieser Zeit noch im Mutterleib steckt, oder Larve, wenn es zwar den Leib der Mutter verlassen, aber noch nicht die endliche Gestalt und Differenzirungshöhe des Erzeugers erlangt hat.

Abgesehen von der verschiedenen Organisationshöhe, mit welcher die Entwicklung abschliesst, zeigt der Entwicklungsgang bei den verschiedenen Thieren zahlreiche Unterschiede, von denen folgende die wichtigsten sind. Bei den meisten Thieren liefert ein Ei auch nur ein Individuum, bei andern (z. B. manchen Würmern) tritt noch im Eizustand Fortpflanzung durch Theilung ein,

so dass mehrere Junge einem Ei entschlüpfen. In den wenigsten Fällen geht die Entwicklung so stetig vor sich, dass nur solche Körpertheile auftreten, welche auch dem Erwachsenen zukommen und direkt und ohne Unterbrechung in die des Erwachsenen hinübergeführt werden. Einmal werden sehr häufig Theile gebildet, die nur eine temporäre Bedeutung haben und noch vor Ablauf der Entwicklung wieder ganz oder bis auf funktionslose Reste verschwinden (Embryonalorgane, Larvenorgane). Solche Vorgänge nennt man Metamorphosen. Führt hierbei der Entwicklungsgang, nachdem er eine höhere Differenzirungsstufe herbeigeführt hatte, wieder rückwärts zu geringerer Differenzirungsstufe, was namentlich die Thiere zeigen, die vor Ablauf der Entwicklung ein vorher freies Leben mit Schmarotzerleben vertauschen (z. B. Schmarotzerkrebse), so nennt man die Metamorphose eine rückschreitende. Zweitens kann der Entwicklungsgang durch eine mehr oder weniger vollkommene Zerstörung des alten Leibes mit darauf folgender Schaffung eines neuen aus dem Detritus unterbrochen werden, ein Vorgang, während dessen meist die Ortsbewegung und die Nahrungsaufnahme sistirt (Puppenschlaf). Von einem Entwicklungsgang mit Metamorphose spricht man besonders dann, wenn die Metamorphose ausserhalb des Eies erfolgt. In diesem Falle nennt man das Junge vor der Metamorphose eine Larve, nach derselben ein Imago. Tritt während der Metamorphose ein Ruhezustand ein, so heisst das Thier in diesem Zustand eine Puppe (Chrysalide).

Ueber die äusseren Umstände, unter denen die Entwicklung erfolgt, gilt Nachstehendes. Bei allen mehrzellig werdenden Thieren läuft ein Theil der Entwicklung ab, während die sich entwickelnde Eisubstanz in eine Hülle eingeschlossen ist. Solcher Hüllen kommen hauptsächlich zweierlei in Betracht: 1) die Eischale, 2) der mütterliche Körper. Hier kommen nun folgende Hauptfälle vor:

1) Ein schalloses Ei entwickelt sich im mütterlichen Organismus — selten und nur bei einigen niederen Thieren.

2) Ein beschaltes Ei wird von dem mütterlichen Organismus ausgestossen. Dies ist der häufigste Fall und man nennt solche Thiere eierlegende (ovipare). Hierbei kommen aber zahllose Verschiedenheiten dadurch zu Stande, dass der Zeitpunkt, in welchem das Ei ausgestossen wird, sehr verschieden ist. Manche Thiere legen die Eier vor der Befruchtung ab (z. B. Fische), andere gleich nach der Befruchtung (z. B. Insekten, Schnecken etc.), ehe die Entwicklung begonnen hat; bei noch andern läuft ein mehr oder minder grosser Theil der Entwicklung vor der Eierablage ab, ein anderer Theil erst, nachdem das Ei abgelegt ist. Bei andern endlich wird das Ei abgelegt, wenn das Junge im

Ei schon soweit reif ist, dass es gleich darauf auch die Eihülle ablegt. Diese Thiere nennt man ovivivipar (z. B. manche Reptilien und Amphibien).

3) Das Junge verlässt die Eihülle noch im Mutterleibe und lebt dort noch eine Zeitlang frei (z. B. Alpenmolch) oder es streift während der Ausstossung aus dem Mutterleibe auch die Eihülle ab. Diese Thiere (z. B. Säugethiere) nennt man lebendig gebärende (vivipare). Bei den Insekten unterscheidet man noch larvengebärende und puppengebärende (pupipare).

4) Das Ei oder das dem Ei entschlüpfende Junge wird nach der Ausstossung aus den Geschlechtstheilen in oder an einem andern Organ des mütterlichen Organismus untergebracht. Zu diesem Behufe besitzen manche Thiere Taschen (z. B. viele Krebse, manche Fische, Beutelthiere). Andere tragen die Eier oder Jungen äusserlich an sich herum (manche Krebse, Spinnen, Skorpione, Insekten, Fledermäuse). In der Regel trägt das weibliche Thier die Eier oder Jungen; bei einigen (manche Fische, Geburtshelferkröte etc.) ist es das männliche Thier.

5) Eine weitere Beziehung des Eies zur Mutter nach seiner Entfernung aus dem Leibe der letzteren ist die Bebrütung, die besonders bei den Vögeln fast allgemein ist, während sie bei anderen eierlegenden Thieren nur sporadisch vorkommt, und an sie schliesst sich dann eine länger oder kürzer dauernde Jungenpflege an.

6) Viele Thiere bringen ihre Eier oder Jungen nach der Ausstossung in eigene Nester unter oder die Eier werden in Pflanzentheile eingestochen oder in oder auf Thiere gelegt etc.

7) Das Junge macht seine ganze Entwicklung bis dahin, wo es dem Mutterthier bis auf geringere Grösse und andere Proportionalität gleicht, innerhalb seiner natürlichen Hüllen durch oder es verlässt sie in einem früheren Zustande entweder schon als Embryo oder als Larve oder als Puppe.

Ein weiterer Umstand ist die Ernährungsweise während der Entwicklung. Bei den meisten Thieren greift eine solche erst Platz, nachdem das Junge seine Hüllen verlassen hat. Bei anderen (Reptilien, Vögel, manche Fische) enthält das Ei einen Nahrungsvorrath, den das Junge während der Eiperiode allmählig aufbraucht (Nahrungsdotter). Bei anderen wird ihm noch während seines Eilebens im Mutterleibe Nahrung zugeführt (namentlich bei den Säugethieren), zu deren Aufnahme es dann meist eigene Organe besitzt (Fruchtkuchen der Säugethiere). Manche endlich werden noch nach ihrer Ausstossung durch Absonderungen der Mutter ernährt (Milch der Säugethiere). Ein wichtiger Faktor des Stoffwechsels während der Entwicklung ist der Gaswechsel, der auch im Eizustand nicht entbehrt werden zu können scheint, bei manchen

Thieren sind zu diesem Zweck eigene fötale Organe vorhanden (z. B. die Allantois der Vögel und Reptilien).

Ein weiterer wichtiger Umstand bei der Entwicklung sind die Wärmeverhältnisse. Im Allgemeinen begünstigen höhere Wärmegrade die Entwicklung, d. h. kürzen sie ab, während niedere Temperaturen sie verlangsamen und schliesslich ganz zum Stillstand bringen. Die Wärme ist übrigens nicht blos von Einfluss auf die Entwicklungszeit, sondern auch auf die Entwicklungshöhe, indem zu niedrige Temperatur (namentlich bei warmblütigen Thieren) die Entfaltung der Extremitäten hemmt und macht, dass die Thiere auch im Ganzen kleiner bleiben.

Ein sehr wichtiger, aber leider noch zu wenig untersuchter Umstand bei der Entwicklung ist die Einwirkung der Erdschwere, indem sie offenbar von Einfluss auf die Massenvertheilung am Thierkörper und damit auf die Gesammtgestalt sowohl als auf die Differenzirung der Körper ist.

Noch weniger untersucht ist der Einfluss der Beleuchtung. Man weiss eigentlich nur, dass die Eier, welche sich in der Natur an dunkeln Orten entwickeln, absterben, wenn man sie nicht vor Licht schützt (z. B. Forelleneier).

e) Die Entwicklung der Descendenz des Individuums (Descendenzlehre).

Schon oben (pag. 129) wurde gesagt, dass sich den auf Selbsterhaltung und Erhaltung der Art gerichteten Thätigkeiten des Thieres Hindernisse in den Weg stellen, die das Thier zu bekämpfen hat. Bei diesem Kampf um das Dasein ist der Ausgang entweder Vernichtung oder das Thier erreicht seinen Zweck: es erhält sich selbst und gelangt zur Fortpflanzung. Allein das ist nicht die einzige Folge dieses Kampfes, er ist auch von Einfluss auf die Beschaffenheit der Nachkommenschaft (Descendenz).

Alle Körpertheile eines Thieres können wir von obigem Gesichtspunkt aus „Waffen im Kampf um das Dasein“ nennen und die Häufigkeit und Stärke des Gebrauchs dieser Waffen wirkt nach dem Gesetz der Gebrauchswirkung auf die Waffen selbst ein. Der Gebrauch ist nämlich für den gebrauchten Theil ein Wachsthumsreiz und zwar einer der wichtigsten, weil die mit dem Gebrauche verbundenen Bewegungen die Stoffwechselthätigkeit erhöhen. Also je häufiger ein Körpertheil gebraucht wird, um so stärker wächst er, umgekehrt bei Nichtgebrauch bleibt ein Organ im Wachsthum zurück, verkümmert. Daraus folgt, dass ein Thier, dessen Erhaltung sich grössere Hindernisse entgegenstellen, die Waffen, welche es zu ihrer Besiegung braucht, völliger entwickeln wird, als ein in glücklicherer Lage sich befindendes. Weiter folgt daraus: wenn ein Thier, dessen Waffen eine den äusseren Hinder-

nissen entsprechende Entfaltung erlangt haben, unter andere Kampfverhältnisse versetzt wird, so werden diese Waffen abgeändert und zwar in zweierlei Weise. Bleiben die Hindernisse ihrer Natur nach dieselben und ändert sich blos die Intensität derselben, so wird der als Waffe dienende Theil grösser oder kleiner. Aendert sich aber die Natur der Hindernisse, so tritt ein Waffenwechsel ein: Theile, die vorher wenig gebraucht wurden, werden jetzt stärker in Thätigkeit gesetzt, mithin stärker entfaltet und andere werden mehr oder weniger ausser Gebrauch gesetzt und verkümmern aus doppelten Gründen. Einmal ist schon der geringere Gebrauch an und für sich eine Verkümmerungsursache, andererseits wird ihnen in Folge der stärkeren Nahrungszufuhr, welche die stärker gebrauchten Waffen beanspruchen, Wachsthumsmaterial entzogen. Daraus ergeben sich für die Körpertheile eines Thieres zweierlei Wachsthumsverhältnisse. Zwei Körpertheile, deren Verrichtung es mit sich bringt, dass sie bei dem Kampf stets zusammen gebraucht werden müssen, halten im Wachsthum gleichen Schritt (Correlation des Wachsthums); Beispiel: rechter und linker Fuss. Bringt es dagegen die Verrichtung zweier Theile mit sich, dass der eine dem andern einen Theil seiner Arbeit abnimmt, so verkleinert sich der eine, während der andere an Masse zunimmt (Discorrelationsverhältniss des Wachsthums); Beispiel: vordere und hintere Gliedmaassen. Anzufügen ist dem noch, dass das Gesagte nicht blos für die morphologischen Verhältnisse des Körpertheils gilt, sondern auch für dessen physiologische Fähigkeiten, ja für diese insofern noch mehr, als verschiedene Gebrauchsstärke zuerst die physiologische Befähigung ändert und erst viel später, meist erst nach Verfluss mehrerer Generationen, die morphologische Aenderung erzwingt.

Die soeben entwickelten Gesetze vom Einfluss der Gebrauchsstärke führen zur sogenannten „Anpassung“ des Thieres an die Existenzbedingungen oder, wie man sich früher ausdrückte, dahin, dass die einzelnen Theile des Thieres „zweckmässig“ beschaffen sind; dabei darf man aber nicht an absolute Anpassung oder Zweckmässigkeit denken, sondern nur an relative. Die Anpassung wird eine um so vollständigere sein, je länger das Thier den gleichen äusseren Verhältnissen ausgesetzt ist, sobald aber die äusseren Verhältnisse sich ändern, wird die Anpassung eine Zeitlang eine unvollkommenere sein und sich erst allmählig in eine vollkommenere verwandeln.

Nach dem, was wir bis jetzt übersehen können, scheint sich kein Körpertheil dem umändernden Einfluss des Gesetzes von der Gebrauchswirkung entziehen zu können, allein es wirkt diesem Gesetz ein anderes entgegen, das wir das Gesetz der Vererbung nennen. Mit diesem Ausdruck bekunden wir die That-

sache, dass der Entwicklungsgang jedes Thier in genau denselben Zustand zu versetzen sucht, den seine Erzeuger hatten (Entwicklungsziel). Die mechanischen Ursachen, die dies bewirken, sind uns völlig unbekannt, wir wissen nur, dass ihre Kraft nicht bei allen Individuen, auch nicht bei allen Arten die gleiche ist und kennen auch einige Ursachen, welche diese Kraft steigern (z. B. Blutsverwandtschaft der Erzeuger) oder sie schwächen (grössere Differenzgrade der Erzeuger). Man spricht deshalb von verschiedener Vererbungsmacht.

Das Verhältniss zwischen Vererbung und Gebrauchswirkung kann nun ein doppeltes sein. Ist die Anpassung eines Thieres eine relativ sehr vollkommene, so unterstützen sie sich gegenseitig so, dass die Nachkommenschaft zu möglichster Gleichheit der Individuen gelangt, indem z. B. da, wo die Vererbungsmacht zu gering ist, um die Gleichheit zu erreichen, die Gebrauchswirkung ihr zu Hilfe kommt. Die Summe der in dieser Weise sich gleichenden Nachkommen nennt man eine gute Art oder Species. Anders aber gestaltet sich die Sache, sobald die Anpassung durch Aenderung der äusseren Verhältnisse eine unvollständige wird, namentlich dann, wenn sie einen Waffenwechsel verlangt. Jetzt strebt die Vererbung die Erhaltung des alten Zustandes an, die Gebrauchswirkung eine Aenderung. Da nun die Macht der Vererbung individuell verschieden ist, so ist die Folge, dass unter den Nachkommen eines solchen Thieres sich allmählig individuelle Differenzen einstellen in Bezug auf den Anpassungsgrad: die nachgiebigeren erreichen einen höheren, die vererbungsmächtigeren in gleicher Zeit einen geringeren; eine solche Art nennt man eine variirende.

Hier tritt nun ein anderes Gesetz hinzu, welches dazu hilft, dass die Gebrauchswirkung schliesslich doch die Oberhand gewinnt über die Vererbungsmacht: das Gesetz von der natürlichen Auswahl. Zum Verständniss desselben ist Folgendes vorauszuschicken. Wie schon pag. 138 gesagt wurde, ist die Zahl der Nachkommen eines Thieres unter allen Umständen unendlich viel grösser, als dass alle das letzte Entwicklungsziel und das natürliche Lebensende erreichen könnten, denn jedes Thier wäre im Stande, nach wenigen Jahren mit seiner Brut den Erdball zu überschwemmen. Dieser Ueberproduktion treten nun die äusseren Existenzbedingungen in der Weise entgegen, dass alles Ueberzählige vernichtet wird. Die Vernichtung ist in allen Stadien der Entwicklung vom Ei an bis zum Erwachsenen unausgesetzt thätig und bei den weitaus meisten Thieren so energisch, dass für ein Ei die Wahrscheinlichkeit, zu einem fertigen Individuum heranzureifen, und sich selbst wieder fortzupflanzen, unendlich geringer ist als die einer vorzeitigen Vernichtung. Das Gesetz der natür-

lichen Auswahl besteht in der Thatsache, dass diese Vernichtung keine planlose ist, sondern eine Auswahl dabei stattfindet. Schon der oben geschilderte Conflictfall von Vererbungsmacht und Gebrauchswirkung muss Differenzen unter der Nachkommenschaft erzeugen mit Bezug auf die Widerstandsfähigkeit der Individuen gegen die vernichtenden Einflüsse. Dazu kommen noch mancherlei theils bekannte, theils unbekannte Einflüsse, welche eine thatsächliche Differenz unter den Nachkommen erzeugen und zwar so regelmässig, dass wohl kaum je zwei Nachkommen eines und desselben Elternpaares mathematisch gleich sind. Jede Differenz, mag sie herkommen wo sie will, mag sie sein welche sie will, bedingt einen Unterschied in der Widerstandsfähigkeit und so führt die durch den Kampf ums Dasein und um die Fortpflanzung bewirkte Vernichtung zu einer consequenten Unterdrückung der widerstandsunfähigeren, d. h. minder angepassten Individuen, während die Wohlthat des Ueberlebens nur den besser angepassten Individuen zu Theil wird.

Das Endergebniss der Einwirkung aller dieser drei Gesetze (Vererbung, Gebrauch und natürliche Auswahl) ist das Ueberleben der angepassteren Individuen und die Vernichtung der minder angepassten. Dies gilt nicht nur für die Individuen, sondern auch für alle die verschiedenen in Verwandtschaftsbeziehungen zu einander stehenden Individuensummen: für Varietäten, Arten, Gattungen, Familien etc. Es führt aber die Einwirkung dieser drei Gesetze auch mit Nothwendigkeit zu einer stetigen, wenn auch erst in sehr langen Zeiträumen merklichen, bleibenden Zerspaltung der Nachkommenschaft in zwei oder mehrere Individuengemeinschaften, die sich so zu einander verhalten: die Individuen einer Gemeinschaft sind unter einander in hohem Grade ähnlich, unterscheiden sich aber mehr oder weniger deutlich von denen der anderen Gemeinschaften. Diese Thatsache nennen wir das Gesetz der Divergenz des Charakters. Zum Verständniss desselben sei Folgendes vorausgeschickt.

Wie wir pag. 147 sahen, besitzt jedes Individuum durch seine Fortpflanzungsfähigkeit an und für sich das Bestreben, den ganzen Erdball mit seiner Nachkommenschaft in verhältnissmässig kurzer Zeit zu überschwemmen, und dass es nicht geschieht, ist die Wirkung der ihr im Kampf ums Dasein entgegenstehenden Hindernisse. Mit der fortschreitenden Anpassung steigt die Fähigkeit der Nachkommenschaft, diese Hindernisse zu überwinden, und die Folge ist, dass die Nachkommenschaft über zunehmend grösser werdende Flächen des Erdballs sich ausbreitet, wobei active Ortsbewegungsfähigkeit und passive Wanderungsmittel (Luftströmungen, Meeresströmungen etc.) wesentliche Unterstützungsmittel sind. Nun bringen es die verschiedene Vertheilung des Trockenen und

Flüssigen, die Wärmeunterschiede der Landstriche, die Strömungen von Wasser und Luft, das verschiedene Relief des Bodens, die Differenz der Bodensubstanzen, die Verschiedenartigkeit der Flora und Fauna mit sich, dass die Nachkommenschaft eines Individuums bei ihrer Ausbreitung über grössere Territorien nicht überall die gleichen Existenzbedingungen findet. Da diese es sind, mit denen das Individuum um seine Existenz zu kämpfen hat, so wird eine derartige Differenz auch eine Differenz im Anpassungsziel bedingen und so tritt schliesslich eine Differenz in der Beschaffenheit der Nachkommenschaft ein, die den Unterschieden in den verschiedenen geographischen Bezirken, über die sie zerstreut sind, entspricht: die ursprüngliche Gleichheit der Nachkommenschaft eines Individuums hat einer Differenz in geographisch vikarirende Formen Platz gemacht: Divergenz durch geographische Migration.

Dieser Divergenz tritt übrigens das Vererbungsgesetz in doppelter Weise entgegen. Einmal insofern, als es einer Veränderung der Anpassung überhaupt hinderlich ist, dann aber noch dadurch: Wenn alle die von dem Divergenzgesetz beherrschten Individuen sich frei so geschlechtlich vermischen können, dass immer wieder Individuen aus zwei differenten Verbreitungsbezirken sich paaren, so gleicht dies die Differenzen, die in der Entwicklung begriffen sind, wieder aus oder erstickt deren Auftreten schon im Keime. Die Divergenz wird sich dagegen ungestört entwickeln können, sobald diese geschlechtliche Vermischung behindert oder aufgehoben ist. Daraus folgt, dass die Divergenz bei Thieren mit geringer Wanderungsfähigkeit rascher eintreten wird, als bei solchen mit bedeutenderem Ortsbewegungsvermögen, dass sie leichter erfolgt, wenn die Summe der Nachkommenschaft über sehr weite Flächen des Erdballs zerstreut ist, ebenso wenn zwischen den verschiedenen Territorien Hindernisse (geographische Schranken) liegen, welche den Austausch der Individuen ganz unmöglich oder selten machen, z. B. Meeresarme oder Hochgebirgsketten bei Landthieren, Landengen bei Wasserthieren. Da die Erdgeschichte uns einen fortwährenden Wechsel in der Vertheilung des Flüssigen und Festen, in der senkrechten Erhebung des Bodens etc. lehrt, so muss im Verlauf der Entwicklung der Fall unendlich oft vorgekommen sein, dass die über grössere Flächen verbreitete Nachkommenschaft eines Individuums durch solche neu entstandene geographische Schranken der Möglichkeit beraubt wurde, durch geschlechtliche Vermischung dem Gesetze der Divergenz zu entgehen.

Da die Veränderungen der Erdoberfläche stetig fortdauern und zwar auf periodische Trennungen zweier Verbreitungsbezirke auch Wiedervereinigungen vorkommen, so könnte man glauben, der Sieg des Divergenzgesetzes werde unter Umständen nur ein

vorübergehender sein; allein das pag. 140 geschilderte Gesetz der Befruchtung kommt dem Divergenzgesetz zu Hilfe. Dort sahen wir, dass wechselseitige Befruchtung nur bei verhältnissmässig geringen Divergenzgraden der Erzeuger möglich ist. Hat also das Divergenzgesetz lange genug gewirkt, um den die Befruchtung ermöglichenden Divergenzgrad überschritten zu haben, so kann auch eine geographische Wiedervereinigung der divergent gewordenen Individuen keine Verschmelzung mehr bewirken.

Zu dieser Divergenz in Folge von geographischer Migration kommen noch andere Umstände, die zu einer Divergenz der auf gleichem Territorium lebenden Angehörigen einer Individuengemeinschaft führen können und müssen (Gesetz der biologischen Divergenz). Es ist wohl kein einziges Thier so einseitig organisirt, dass es genau an den gleichen Aufenthaltsort, genau an die gleiche Nahrung etc., kurz an die gleiche Lebensweise gebunden ist. Die leicht zu beobachtende Instinktvariation kann ein Individuum veranlassen, einen Nahrungswechsel, Wechsel im speziellen Aufenthaltsorte, Uebergang zu parasitischer Lebensweise oder von freiem zu festsitzendem Lebenswandel etc. vorzunehmen. Vererbt es diese Neigung auf die Nachkommenschaft, so wird sich sehr leicht Amyxie (d. h. Abneigung zu geschlechtlicher Vermischung der neuen Instinktvarietät mit der alten) einstellen und zwar desshalb: Bei der Neigung zu geschlechtlicher Vermischung spielt bei sehr vielen Thieren der Geruch eine Hauptrolle. Der Ausdünstungsgeruch wechselt nun aber durch nichts leichter als durch Aenderung der Nahrung, und so kann das Auftreten eines unsympathischen Geruchs der Wiederverschmelzung eine Schranke setzen und die beiderlei Individuen dem Divergenzgesetz überantworten. Auch blos zufällig entstandene andere Variationen, z. B. in der Färbung, können zu Amyxie und damit zum Eintritt der Divergenz führen. Die durch das Gesetz der biologischen Divergenz hervorgebrachten neuen Formenkreise nennt man biologisch vikarirende Rassen oder Arten. Zahlreiche Beispiele bieten uns hierfür die auf verschiedenen Nahrungspflanzen vikarirenden Insekten.

Zu den Divergenzen durch geographische Migration und biologischen Wechsel kommt noch eine Summe von Divergenzursachen, die man unter der Bezeichnung Fortschrittsgesetz oder Divergenz durch Fortschritt nennen kann, weil der Erfolg der gleiche ist. Wie wir schon wiederholt sahen, strebt die Vererbung den Entwicklungsgang bis dahin zu führen, wo er beim Erzeuger aufhörte. Mehrere Ursachen können dahin führen, dass ein neues Individuum diese Stufe überschreitet und zwar in wesentlicher Weise, indem es eine höhere Differenzirungsstufe oder, wie man gewöhnlich sagt, Organisationsstufe erreicht. Dieses

Ueberschreiten heisst nichts Anderes als: die fortschreitende Differenzirung dauert länger als bei den Erzeugern. Diese Verlängerung der Entwicklung kann entweder bestehen in einer wirklichen Verlängerung der Zeit (längeres Eileben, längere Trächtigkeitsdauer, einfache Spätreife) oder darin, dass die gesammte Entwicklungszeit zwar gleich gross ist wie vorher, aber der Gang derselben ein rascherer, entweder durch Abkürzung gewisser Entwicklungsstufen oder geradezu Ueberspringung derselben. Ueber die Ursachen lässt sich sagen, dass alle, welche der Entwicklung überhaupt günstig sind, auch eine solche Verlängerung bewirken müssen, sobald sie in einzelnen Individuen günstiger wirken als bei andern, also reichlichere Nahrungszufuhr während der Entwicklung und günstigere Wärmeverhältnisse, oder sobald sie anders wirken, wenn z. B. die Lage zur Lothlinie geändert wird, wodurch die Richtung der Schwerkraftwirkung wechselt. Hierzu kommt noch grössere Stoffwechselenergie des Eiprotoplasmas, die z. B. durch einen höheren Grad elektromotorischer Spannung zwischen Ei- und Samenstoffen (pag. 140) veranlasst sein kann. Ein wesentlicher Faktor liegt ferner in den Verhältnissen des Daseinskampfes. Bei der Entwicklung eines Thieres können wir in dieser Hinsicht zwei Perioden unterscheiden. In der ersten Periode, die in das Eileben fällt, ist der Daseinskampf kein aktiver, das Thier hat keine Ortsbewegung, Fressbewegung, Flucht- oder Angriffsbewegung zu machen, es lebt ein vegetatives Leben und während dessen ist der Differenzirungsprocess ein stetig fortschreitender. In der zweiten aktiven Periode, die auf die Geburt folgt, ist das Thier zu all' den aktiven Bewegungen genöthigt, welche der Nahrungserwerb und die Selbstvertheidigung mit sich bringt. Diese Bewegungen führen zur Spezialisirung der Gewebe. Während in der Eiperiode die verschiedenen Zellen, die den Körper zusammensetzen, dem indifferenten Zustand der Primärzelle viel näher stehen, entfernen sie sich nach derselben von diesem Zustand und werden zu ausgesprochenen Muskelzellen, Nervenfäden, Bindegewebszellen etc. Dadurch verschwindet die Möglichkeit zu weitergehender Differenzirung der Gewebe. Auch insofern nimmt die Bildsamkeit des Körpers ab, als der Gebrauch die zuvor weichen Körpertheile fester, unnachgiebiger macht, als sie während des Eilebens sind, so dass die Schichten- und Segmentspaltung, die Bildung von Organen durch Faltung und Knospung etc. viel schwerer eintritt. Wir können also sagen: der wichtigste Theil des fortschreitenden Entwicklungsganges verläuft in der Eiperiode, während in der zweiten Periode die Spezialisirung der schon vorhandenen Körpertheile weiterer Differenzirung hinderlich ist oder sie ganz ausschliesst. Oder: je später ein Thier seine

Eihüllen verlässt, eine um so höhere Differenzirungsstufe kann es erlangen.

Wenn wir nun, wie wir nicht anders können, eine individuelle Variation in allen obengenannten, die Länge oder Geschwindigkeit des ersten Abschnitts vom Entwicklungsgang beeinflussenden Umständen annehmen, so müssen unter den Nachkommen eines Individuums solche auftreten können, welche durch eine höhere Differenzirung des Gesammtkörpers sich von den andern, die sich dieser günstigen Umstände nicht erfreuten, unterscheiden. Dieser Unterschied, der durch den Daseinskampf nicht direkt hervorgerufen ist, muss in der Folge von grösstem Einfluss eben durch ihn werden. Da wir mit Bezug auf den Daseinskampf die einzelnen Körpertheile eines Thieres Waffen nennen und die höhere Differenzirung in einer Vermehrung der Körpertheile besteht, so hat das Individuum eine Waffenvermehrung gewonnen. Je nachdem diese Waffenvermehrung ist, wird das Thier dadurch in den Stand gesetzt, ein kompliziirteres Erwerbsgebiet zu betreten, welches den einfacher ausgerüsteten zu betreten versagt ist. Ein solcher Schritt muss namentlich dann, wenn dieses Erwerbsgebiet noch nicht besetzt ist, also der Concurrenzkampf fortfällt, die Existenzbefähigung eines so bevorzugten Individuums ausserordentlich erhöhen und seiner Nachkommenschaft die Möglichkeit rascher Vermehrung und Ausbreitung sichern. Da zugleich mit dem Uebertritt auf ein neues Erwerbsgebiet die Gefahr der Wiedereinschmelzung durch Vermischung desselben mit den zurückgebliebenen Individuen bedeutend gemindert ist, so ist der Fortbestand der neuen Form in hohem Grade garantirt und zwar um so mehr, als auch die durch die Anpassung bewirkte Divergenz rasch jenen Grad erreichen wird, wo Amyxie eintritt.

Allerdings setzt das Zustandekommen einer solchen Divergenz in höher organisirte und niedriger organisirte Individuen das Vorhandensein kompliziirterer, bisher noch nicht besetzter Ernährungsgebiete voraus, allein die Erdgeschichte lehrt uns, dass eben dies zeitweilig eingetreten sein musste. Es ist zum Beispiel kaum ein Zweifel darüber, dass es in den ersten Zeiten, als unsere Erde von Thieren bevölkert wurde, nur Wasserthiere gab. Als sich nun trockenes Land erhoben und mit einer Vegetation überzogen hatte, musste dieses ein solches concurrenzfreies Gebiet bilden und in der eben geschilderten Weise bald von diesem, bald von jenem Meeresbewohner erobert worden sein Da nun die ganze Erdgeschichte ein stetiges Fortschreiten von einförmigeren Zuständen zu immer complizirteren war, so lag darin die Möglichkeit für höher differenzirte Individuen, sich immer wieder durch Uebertritt aus einem einförmigeren Ernährungsgebiet in ein kom-

plizirteres dem Concurrenzkampf der zurückbleibenden zu entziehen und zu einer bleibenden höher organisirten Thierform den Grundstein zu legen.

Ein wesentlicher Theil des Fortschrittsgesetzes ist die Erwägung, dass dieser Fortschritt niemals alle Individuen treffen konnte. Schon aus der Natur der Ursachen, die zur Produktion eines höher organisirten Individuums führen, ist klar, dass ausserordentlich günstige Umstände zusammenwirken müssen, um ein solches hervorzubringen, der Fall wird also vergleichsweise sehr selten gewesen sein. Andererseits bewirkte der Erwerbswechsel, dass es zu keinem die Existenz der zurückgebliebenen Individuen bedrohenden Concurrenzkampf seitens der fortgeschritteneren kam, da den ersteren ihr altes Erwerbsgebiet mit allen seinen Existenzbedingungen verblieb. So fiel jede Ursache weg, dass auch sie sich auf den neuen Weg begeben mussten, im Gegentheil: Hatte die Nachkommenschaft des fortgeschritteneren Individuums einmal das neue Erwerbsgebiet besetzt und einen höheren Grad der Anpassung an dasselbe errungen, so fand ein später kommendes Individuum, das gleichfalls den neuen Weg einschlagen wollte, an der ersteren eine Concurrenz, welcher es seiner geringeren Anpassung wegen sicher unterliegen musste. Dagegen ist Eines richtig: In dem Augenblick, in welchem das fortgeschrittene Individuum das neue Erwerbsgebiet betritt, ist natürlich seine Anpassung an dasselbe eine äusserst unvollkommene. Das schadet nun zwar anfangs nichts, weil der Concurrenzkampf noch nicht besteht; ist aber einmal eine starke Vermehrung erfolgt, so tritt dieser ein und jetzt führt die beginnende Anpassungsarbeit zu einer Vernichtung der minder angepassten Erstlingsstufen. So erweitert sich die Kluft zwischen den zurückgebliebenen und den fortgeschrittenen Individuen sehr rasch und in mehr oder weniger langer Zeit fehlen zwischen beiden die anfänglich vorhandenen Zwischenglieder. Die Formen, welche die Divergenz durch das Fortschrittsgesetz erzeugt, unterscheidet man als höhere und niedere Formen.

Aus dem bisher Gesagten geht also Folgendes hervor: Wenn ein Individuum von niedrigem Organisationswerthe auf der von Thieren noch nicht bewohnten, im Zustand geringer Differenzirung befindlichen Erdoberfläche auftrat und sich in unbegrenzter Generationsfolge fortpflanzte, so mussten die eben geschilderten Gesetze die Nachkommenschaft einmal in eine immer steigende Zahl geographisch und biologisch vikarirender Formen trennen, die in Bezug auf ihre Organisationshöhe sich gleich standen, und zweitens in eine immer grössere Zahl von biologischen Formen, die sich durch ihre Organisationshöhe (höhere und niedere) unterschieden und von denen jede wieder sofort in eine immer steigende

Zahl von vikarirenden Formen zerfallen musste. Weiter geht daraus hervor, dass der jetzt noch übrig bleibende Rest dieser Nachkommenschaft zwar im Allgemeinen alle die Formen noch enthalten wird, welche der Reihe nach erzeugt worden sind, jedoch grössere Lücken aufweisen muss. Einmal werden diejenigen Formen ausgestorben sein, bei welchen die Macht der Vererbung von der Macht der Anpassung nicht überwunden werden konnte, zweitens werden die schlecht angepassten Uebergangsformen zwischen fortgeschrittenen und minder fortgeschrittenen verschwunden sein. Trotz dieser Lücken wird sich die gesammte Nachkommenschaft in eine ihrem Verwandtschaftsverhältniss entsprechende, d. h. einen Stammbaum formirende Ordnung bringen lassen und der Grad der Verwandtschaft wird durch folgende Umstände sich verrathen.

Da das unbegrenzt fortwirkende Gesetz der Vererbung formelle Gleichheit der Nachkommenschaft verlangt und die abändernd wirkenden Gesetze der Gebrauchswirkung, der natürlichen Auswahl und der Divergenz ihr Terrain dem Vererbungsgesetz nur ganz allmählig und Schritt für Schritt abringen, so wird der Grad der morphologischen Uebereinstimmung auch einen ziemlich guten Maassstab für den Grad der Verwandtschaft abgeben. Ausserdem wird die Verwandtschaft und der Grad derselben sich auch noch mannigfach in den Entwicklungsgängen der Individuen zeigen. Die vikarirenden Formen einer und derselben Organisationshöhe werden gleichartige Entwicklungsgänge haben, die erst in späteren Stadien auf dem Wege der Divergenz sich von einander entfernen. Der Entwicklungsgang der fortgeschritteneren Formen wird sich dagegen von dem der zurückgebliebeneren dadurch unterscheiden, dass der Entwicklungsgang der letzteren nur die Anfangsstadien der ersteren enthält, dass das Endstadium der zurückgebliebeneren einem vorübergehenden Entwicklungsstadium der fortgeschritteneren entspricht und die späteren Entwicklungsstufen der letzteren dem Entwicklungsgange der zurückgebliebenen mangeln.

Vergleicht man nun bei der Gesammtheit aller heutzutage lebenden Thiere die morphologischen Verhältnisse der Erwachsenen und die Entwicklungsgänge der Individuen, so zeigen sie genau dieselben Uebereinstimmungen und Unterschiede, wie sie in der Nachkommenschaft eines Individuums unter der Herrschaft obiger Gesetze während der Entwicklungsgeschichte der Erdoberfläche auftreten mussten. Ferner lässt sich die Gesammtheit der jetzt lebenden Thiere in eine ihrem Verwandtschaftsgrade entsprechende, stammbaumartig sich verzweigende Ordnung bringen (natürliches System). Die Lücken, welche die einzelnen Formenkreise trennen, sind so, wie sie obige Gesetze erwarten lassen, und zum Ueberfluss findet man unter den in der Erdrinde erhaltenen Resten

ausgestorbener Thiere zahlreiche Zwischenformen, welche in die systematischen Lücken der heutigen Thierwelt passen.

Diese Thatsachen haben die schon in früheren Zeiten von einzelnen philosophischen Köpfen behauptete Lehre von der gemeinschaftlichen Abstammung aller Thiere mit Einschluss des Menschen aus einer Quelle (Abstammungslehre oder Descendenzlehre, auch Darwin'sche Theorie genannt) wieder in den Vordergrund gestellt. Man sieht ein: zur Erklärung der jetzigen Zersplitterung des Thierreichs in zahllose, durch das Band der Aehnlichkeit stammbaumartig verknüpfte Formenkreise ist es durchaus überflüssig, die früher fast allgemein gültige Annahme von der übernatürlichen Erschaffung eines Urpaares für jede Spezies noch ferner aufrecht zu erhalten und den thatsächlich zwischen den einzelnen Arten bestehenden systematischen Zusammenhang für die Gedankenoperation eines menschlich denkenden Schöpfers zu halten. Eine sorgfältige Untersuchung findet nicht nur, dass diese Zerspaltung auf ganz natürlichem Wege entstanden sein konnte, sondern dass sie ein nothwendiges Produkt der heute noch wirkenden Gesetze sein musste.

f) Abgekürztes natürliches System der Thiere.

Da das natürliche System eine Darstellung des Stammbaums aller aus gemeinschaftlicher Grundlage hervorgegangenen Thiere sein soll, so müsste ein vollständiges System auch alle ausgestorbenen Thierformen enthalten, bis auf die Spezies herabgehen und alle Arten namhaft machen, welche durch das Fortschrittsgesetz (pag. 150) neue, höher organisirte Thierformen aus sich produzirt hat. Einen so vollständigen Stammbaum zu entwerfen, ist wegen der ungeheuren Summe der in letzter Descendenz entstandenen Arten schon formell unmöglich, aber auch materiell, weil wir die ausgestorbenen Formen nur sehr unvollständig kennen. Man begnügt sich deshalb mit einem abgekürzten System, in welchem man diejenigen Organisationstypen auf einander folgen lässt, welche nothwendigerweise in genetischem Verhältniss stehen. Dabei werden die zahlreichen kleinen Nebenzweige, welche jeder Organisationstypus getrieben hat, ignorirt und neben dem gerade aufsteigenden Stamm nur die grösseren, heute noch reich vertretenen Seitenzweige angeführt. Uebrigens leiden diese Systeme natürlich an einer gewissen Unfertigkeit, da die Detailforschung noch nicht überall so weit fortgeschritten ist, um die Verwandtschaftsbeziehungen genau feststellen zu können. Für die vorliegenden Zwecke dürfte folgender Stammbaum genügen, wobei wir jene Urwesen (Protozoen, Protisten), welche die gemeinschaftliche Entwicklungsgrundlage für Thier- und Pflanzenreich bilden, weglassen.

A. Protoplasta (Urthiere).

Leib nur ein Plasmodium: umfasst die auf dem Lande lebenden, früher zu den Pflanzen gerechneten Schleimpilze (Mycetozoen) und die besonders im Seewasser lebenden, meist mit Kalkschälchen versehenen Wurzelfüsser (Rhizopoden).

B. Unicellulata (einzellige Thiere).

Der Leib ist eine einzige Zelle: sie bilden die Hauptmasse dessen, was man früher Infusorien nannte.

C. Multicellulata (vielzellige Thiere).

Mit diesem Namen fasst man alle übrigen Thiere zusammen, deren Leib aus vielen Zellen aufgebaut ist.

D. Bistrata (zweischichtige Thiere).

Leib aus zwei Zellenlagen bestehend, aber ohne centrale Nahrungshöhle.

I. Bistrata solida.

Die innerste Zelllage wird von einer einzigen grossen Centralzelle repräsentirt. Die Rindenzellen sind in einem Netzwerk von Protoplasmafäden einzeln zerstreut: Gitterthierchen, weil sie meist gegitterte Kieselschälchen um sich erzeugen; sie leben im Meere.

II. Bistrata spongiosa.

Beide Zelllagen aus sehr vielen Zellen bestehend und durch ein äusserst complizirtes Netzwerk von nach aussen offenen Zwischenzellgängen durchbrochen: Schwämme (Spongien), die hauptsächlich im Meere leben (Badeschwamm etc.).

E. Coelenterata (darmlose Thiere).

Das Centrum des Leibes ist eine nach aussen geöffnete Nahrungshöhle, die Leibeswand ist solid und in zwei bis vier fest verbundene Schichten verschiedenartiger Zellen differenzirt: hierher gehören die vorzugsweise im Meere lebenden Polypen, die in Anthozoen (Korallenthiere) und Hydrozoen (Röhrenpolypen) zerfallen. Die letzteren geben durch den Vorgang der Anthogenesis (pag. 139) Anlass zur Entstehung der Coelenterata radiata (Quallen), deren Leib aus einem Kreis ungegliederter Strahlen (Radii) besteht.

F. Enterata (Darmthiere).

Das Centrum des Leibes ist eine nach aussen direkt offene Nahrungshöhle; die Leibeswand besteht aus zwei in einander

steckenden Schläuchen, die durch eine ringförmige Spalte (Perigastrium oder Leibeshöhle) getrennt sind. Der innere Schlauch, der die Nahrungshöhle enthält, heisst Darmschlauch. Hierher gehören alle übrigen Thiere.

G. Protenterata (Urdarmthiere).

In dem Perigastrium findet man noch kein Gefässsystem: Mooskorallen (Bryozoa); kleine, meist festsitzende, stockbildende Wasserthiere.

H. Deutenterata (Herzenteraten).

Im Perigastrium liegt ein Herz, das aber noch keine Gefässröhren besitzt. Durch geradlinige Fortentwicklung aus den vorigen entstanden: Mantelthiere (Tunicata).

I. Tritenterata (Enterata vascularisata, Gefässenteraten).

Vom Herz aus verzweigen sich Gefässröhren.

I. Tritenterata radiata.

Durch Anthogenesis (pag. 139) aus den Protenteraten als ein Seitenzweig entstanden. Der Leib besteht aus mehreren längssegmentirten Strahlen (Radii), die im Kreis mit einander verbunden sind: Stachelhäuter (Echinodermata), lauter Seethiere, deren bekannteste die Seeigel, Seesterne etc. sind.

Seitenzweig ohne höher organisirte Descendenz.

II. Tritenterata acephala.

Leib nicht in Kopf und Rumpf zerspalten.

1. Protacephala, Acephala non partita.

Leib zwar symmetrisch, aber parallel zur Längsaxe nicht getheilt: Urwürmer (Scolecidae). Sie zerfallen in die Protoscolecidae (Strudelwürmer) und einen Seitenzweig, die Deuteroscolecidae (Eingeweidewürmer), die zu parasitischer Lebensweise übergegangen und deshalb zum Theil einer rückschreitenden Metamorphose (Verschwinden der Nahrungshöhle) unterworfen sind.

2. Deutacephala, Acephala partita.

Der Leib parallel zur Längsaxe getheilt.

a. Acephala bipartita.

Leib in zwei Hälften getheilt. Ausseraxiale Organe in der Zweizahl vorhanden: Muscheln (Lamelli-branchiata).

b. Acephala bisbipartita.

Jede Leibeshälfte noch in zwei Viertel getheilt. Ausseraxiale Organe in der Vierzahl vorhanden: Armmuscheln (Brachiopoden).

Beide Seitenzweige ohne höher organisirte Descendenz.

III.

Tritenterata cephalophora.

Leib in Kopf und Rumpf getheilt. Hierzu gehören alle übrigen Thiere. Sie sind entweder indirekt aus den Protoscelidae oder direkt aus den Protenteraten (oder Deutenteraten) entstanden, letzteres ist für die Wirbelthiere, ersteres für die Gliederthiere wahrscheinlich.

1.

Protocephalophora, Cephalophora inarticulata.

Der Rumpf weder parallel noch senkrecht zur Längsaxe in weitere Stücke zertheilt: Schnecken oder Cephalophora im engeren Sinne. Seitenzweig ohne höher organisirte Descendenz.

2.

Deuterocephalophora, Cephalophora articulata.

Der Leib der Länge nach in eine Kette von Segmenten (Gliedern) zerfallen: Längsgegliederte Thiere. Umfasst die gesammte höher organisirte Descendenz, die sich in zwei Zweige spaltet:

a.

Articulata monocycla, Articulata im engeren Sinne.

Auf dem Querschnitt bildet der Hautmuskelschlauch nur einen, das Perigastrium einschliessenden und den Darmkanal umfassenden Kreis: Gliederthiere.

b.

Articulata bicycla, Vertebrata.

Auf dem Querschnitte bildet der Hautmuskelschlauch zwei Kreise. Der eine umfasst das Perigastrium mit dem Darm, der andere das Perineurium (Gehirn- und Rückenmarkshöhle) mit dem animalen Nerven-Centrum: Wirbelthiere, weil in der Schnittlinie beider Kreise eine solide Längsaxe, die Wirbelsäule, liegt.

Wir geben nun in Folgendem eine kurze Uebersicht über die Hauptabtheilungen der Gliederthiere und der Wirbelthiere gesondert.

Articulata (Gliederthiere).

A. Protarticulata (Urgliederthiere).

Die Segmente des Leibes sind alle gegeneinander beweglich und fast ganz gleich (homonom segmentirt): Ringelwürmer (Annulata), Sie zerfallen in drei Gruppen:

I.	II.	III.
Segmente ohne Anhänge, Leib platt: Plattwürmer oder Egelwürmer (Discophora). Seitenzweig ohne höher organisirte Descendenz.	Segmente mit Borsten, aber ohne Fleischauswüchse: Erdwürmer (Chaetopoden).	Segmente mit ungegliederten Fleischanhängen: Kiemenwürmer (Appendiculata).

B. Deutarticulata (Arthropoda, Gliederfüssler).

Segmente mit gegliederten Anhängen (Füssen etc., daher Gliederfüssler), Segmente unter sich ungleich und in Segmentparthien rangirt. Stammen wohl von den Appendiculaten ab.

I. Protarthropoda (Urgliederfüssler).

Ohne Luftgefässsystem, dafür ist meist ein entwickeltes Ernährungsgefässsystem vorhanden. Segmentirungsrhythmus sehr variabel, die Segmente aller Segmentparthien tragen von Hause aus gegliederte Anhänge: Krebse (Crustacea).

II. Deutarthropoda (Nachgliederfüssler).

mit entwickeltem Luftgefässsystem, dafür das Ernährungsgefässsystem auf einen Herzschlauch reduzirt. Segmentirungsrhythmus stabil.

1. Deutarthropoda bipartita.	2. Deutarthropoda tripartita.
Leib aus zwei Segmentparthien bestehend. Sie zerfallen in a. Die erste Segmentparthie b. Die erste Segmentparthie be-	Leib aus drei Segmentparthien (Kopf, Brust, Bauch) bestehend. Die erstere trägt die Fresswerkzeuge, die zweite die Ortsbewegungswerkzeuge, die dritte ist

wird nur von den Kopfsegmenten mit den Fresswerkzeugen gebildet, die zweite aus den fast gleichartigen, durchaus befussten Brust- und Bauchringen: Tausendfüsse (Myriapoda).

steht aus den Kopf- und Brustsegmenten, trägt also Füsse und Fresswerkzeuge. Die zweite Segmentparthie (Bauch) ist anhanglos und zerfällt bei den Skorpionen noch in zwei Segmentparthien (Abdomen und Postabdomen): Spinnen (Arachnidae s. Octopoda).

meist anhanglos: Insekten oder Sechsfüssler (Hexapoda).

a. Protinsecta, Insecta masticantia

mit beissenden, d. h. wagerecht gegen einander sich bewegenden Mundwerkzeugen. Umfassen die Ordnungen: Protomasticantia, Geradflügler (Coleoptera), die keinen Puppenzustand haben; als Deuteromasticantia sind die einen freien ersten Brustring besitzenden Netzflügler (Neuroptera) und Käfer (Coleoptera), sowie die Aderflügler (Hymenoptera) mit verwachsener Vorderbrust, anzusehen, da sie einen Puppenzustand besitzen.

b. Deutinsecta, Insecta Sugentia

mit saugenden Mundwerkzeugen, die nur senkrechte Verschiebung aneinander zulassen. Als Protosugentia sind die keinen Puppenschlaf und einen freien ersten Brustring besitzenden Halbflügler (Hemiptera) anzusehen; als Deuterosugentia die einen Puppenschlaf und einen verwachsenen ersten Brustring besitzenden Zweiflügler (Diptera) und vierflügligen Schmetterlinge (Lepidoptera).

Vertebrata (Wirbelthiere).

A. Protovertebrata (Urwirbelthiere).

Leib aus zwei Segmentparthien (Kopfrumpf und Schwanz) bestehend (Acrania, Kopflose), Skelet häutig, Gliedmaassen fehlen: nur noch durch ein einziges Thier, den Amphioxus lanceolatus, in der Jetztwelt vertreten.

B. Deuterovertebrata.

Leib aus Kopf, Rumpf und Schwanz bestehend, besitzen keine Lunge, sondern athmen zeitlebens mit Kiemen und wohnen im Wasser: Fische (Pisces).

C. Tritovertebrata (Pulmonata).

besitzen eine Lunge, durch welche allmählig ein Zerfall des Rumpfes in eine die Lunge beherbergende mittlere Segmentparthie (Brust), den davor liegenden Hals und den dahinter liegenden Bauch herbeigeführt wird; sie umfassen alle übrigen Wirbelthiere.

I.

Protopulmonata (Amphibia)

verlassen das Ei als Kiementräger und im Besitz von Kiemenspalten und bleiben entweder in diesem Zustande (Protamphibia, Kiemenmolche) oder verwandeln sich unter Verlust der Kiemen und Kiemenspalten (Deutamphibia).

II.

Deuteropulmonata (Amniota)

verlassen das Ei erst nach Verschluss der Kiemenspalten, wozu sie durch die Entwicklung fötaler Organe, die ihnen ein längeres Verharren im Eizustande gestatten, befähigt werden. Der Ausdruck Amniota rührt von der Entwicklung einer eigenthümlichen sekundären Umhüllung des Fötus, des Amnion, her. Da übrigens das Ausschlag gebende Fötalorgan nicht das Amnion ist, sondern die Allantois, so wäre der bessere Name für sie Allantoidophora, wenn nicht den Amphibien schon die Anfänge dieses Organes, allerdings ohne dessen physiologische Bedeutung für das Eileben, zukämen. Es gehören hierher die Reptilien, Vögel und Säugethiere, die sich in zwei Gruppen spalten:

1.

Amniota ovipara (Sauropsida).

Das Ei enthält ein reichliches Ernährungsmaterial in Gestalt eines sogenannten Nahrungsdotters schon vor Beginn der Entwicklung und bezieht während der Entwicklung aus dem mütterlichen Organismus keine Nährstoffe, die Allantois funktionirt nur als Fötallunge. Sie zerfallen in folgende zwei Abtheilungen:

a.

Protovipara (Ureierleger)

sind kaltblütige, geschuppte Thiere, die entweder gar keine Gliedmaassen oder gleichartig entwickelte besitzen: Kriechthiere (Reptilia).

b.

Deutovipara, Ovipara bipeda,

sind warmblütige, befiederte Thiere mit differenten Gliedmaassenpaaren, von denen nur das hintere Paar als Gehwerkzeug funktionirt, das vordere Flügel oder Stummel ist: Vögel (Aves).

2.

Amniota vivipara.

Das Ei enthält keinen Nahrungsdotter, sondern das Thier entwickelt sich im Mutterleibe, indem es dort durch seine Hüllen oder durch den an der Allantois sich entwickelnden Fruchtkuchen (Placenta) fortlaufend Nahrung aus dem mütterlichen Organismus zieht und auch noch nach der Geburt von der Mutter gesäugt wird. Diese Thiere sind warmblütig und behaart: Säugethiere (Mammalia).

Spezieller Theil.

Diesem Theile fällt die Aufgabe zu, diejenigen Thiere aufzuführen und zu beschreiben, welche den Pharmaceuten näher zu interessiren haben. Man kann dieselben in folgende Rubriken bringen: 1) Thiere, die zu Heilzwecken verwendet werden: Pharmazeutische Thiere. 2) Thiere, welche die Waarenvorräthe der Apotheken angreifen und zerstören oder verunreinigen: Materialzerstörer. 3) Giftige Thiere. 4) Die menschlichen Parasiten. Im Folgenden sollen nun diese vier Rubriken jede für sich so geschildert werden, dass die der einzelnen Rubrik Angehörigen nach ihrer systematischen Verwandtschaft auf einander folgen, und dass wir uns bei den Rubriken 2—4 auf die mitteleuropäische Fauna beschränken.

I. Pharmazeutische Thiere.

Die Zibethkatzen (Viverra).

Fast alle marderartigen Raubthiere, auch die in Mitteleuropa einheimischen Marder und Wiesel, besitzen stark riechende fettige Absonderungen, die von drüsigen Apparaten am After geliefert werden. Der Vortheil, den diese Thiere im Freileben daraus ziehen, ist nicht immer ganz klar. Bei den amerikanischen Stinkthieren ist jenes Secret nachweislich ein Vertheidigungsmittel, indem sie damit ihren Angreifern einen infernalischen, betäubend wirkenden Gestank entgegenschleudern. Bei unsern Wieseln und Iltissen, die dies nicht ausführen können, hat es wohl nur den Werth, dass es dieselben bis zu einem gewissen Grade vor dem Gefressenwerden schützt. Ein anderer, wohl allgemeiner, Vortheil mag der sein, dass sich diese meist nächtlich lebenden Thiere zur Ranzzeit leichter zusammenfinden. Schon seit alten Zeiten sind die unter dem Namen

Zibeth bekannten Absonderungen der Zibethkatzen als Arzneimittel und Cosmetica in Gebrauch und zwar hauptsächlich im Orient und in Afrika, während sie in Europa nur im Süden Eingang fanden und aus unserm deutschen Arzneischatz bald wieder verschwanden.

Das Organ, von welchem der Zibeth abgesondert wird, findet sich bei beiden Geschlechtern und liegt zwischen dem After und der Geschlechtsöffnung. Den Eingang bildet eine mediane senkrechte, 2—3 Ctm. lange Spalte, die zuerst in einen gemeinschaftlichen Vorhof führt, von dem sich rechts und links zwei Säcke abzweigen, in deren Lichtung etwa eine Haselnuss Platz hat. Vorhof und Säcke sind immer mit Haaren besetzt, somit wahre Einstülpungen der Haut und in der Wand der Säcke liegen die Zibethdrüsen, die wir als modificirte Talgdrüsen ansehen können. Sie stellen pfefferkorngrosse hohle Nebensäckchen vor, die mit einer feinen Oeffnung in den grossen Sack münden und mit kleinen sekundären Drüsensäckchen besetzt sind. In den letzteren trifft man den Zibeth in grosse Zellen eingeschlossen, wo er offenbar durch eine Art fettiger Metamorphose entsteht. Die Hauptsäcke liegen zwischen der Haut und je einem platten halbkreisförmigen Muskel, der sie von rückwärts deckt und so angebracht ist, dass seine Zusammenziehungen das Zibeth auspressen müssen. Anzumerken ist, dass ein zweites Paar ganz ähnlicher, etwas kleinerer Drüsensäcke rechts und links vom After ausmündet, die jedoch keinen Zibeth absondern, sondern eine ätzende, wie ranziges Fett riechende Schmiere enthalten.

Der Zibeth ist eine dicke fettige, einem weisslichen Eiter ähnliche Schmiere von einem stechenden, in der Ferne etwas moschusähnlichen, für europäische Nasen entschieden widerwärtigen Geruch. Er besteht aus zwei neutralen Fetten (Stearin und Elain), Schleim, freiem Ammoniak, Harz, einem flüchtigen Oel, einem gelben Farbstoff und die Asche enthält phosphorsauren Kalk, Eisen und kohlensaures und schwefelsaures Kali. Im Handel wird er mit allen möglichen Substanzen gefälscht, auch oft genug künstlich nachgemacht. Seine medizinische Wirkung ist ähnlich der von Castoreum und Moschus: er wirkt erregend besonders auf die Geschlechtswerkzeuge, dabei auch schweisstreibend und krampfstillend. Hauptsächlich seiner stimulirenden Wirkung verdankt er seinen ausgedehnten Gebrauch als kosmetisches Mittel in den Harems des Orients.

Die freilebenden Thiere pressen den Zibeth durch Andrücken des Afters an Steine oder Bäume und Sträucher aus, wo er dann als eine ekle Schmiere hängt. In der Gefangenschaft benutzen sie dazu — wenn man ihnen den Stoff nicht künstlich abnimmt — die Gitterstäbe, und die Zibethkatzen, welche ich im Wiener

Thiergarten hielt, hatten in Bälde ihre Stäbe sämmtlich mit einer Kruste von Zibeth vollgestrichen. Die Neger sammeln den von freilebenden Thieren an den Bäumen abgesetzten Zibeth; in Asien wird er dagegen fast nur von Thieren gewonnen, die man in der Gefangenschaft hält. Man füttert sie mit Fleisch und Früchten, von welchen letzteren besonders die kindskopfgrossen starkriechenden Doerians (die Früchte von Durio zibethinus) die Zibethabsonderung vermehren sollen. Zwei- bis dreimal in der Woche nimmt man ihnen ihren Vorrath ab, der etwa 1½ Gramm beträgt. Zu diesem Behuf holt man sie mit einem Strick, den sie um den Leib haben, an die Gitterwand heran, zieht den Schwanz durch die Stäbe und, während man sie daran hält, stülpt man die Lippen der Zibethtasche um und drückt etwas, damit der Zibeth aus den Säcken in die Vorhoftasche fliesst, aus der er mit einem Horn- oder Bambuslöffelchen hervorgeholt wird. Zur Schmerzstillung bestreicht man die betr. Theile darnach mit Milch. Der Zibeth selbst wird auf Ziriblätter (von Piper malebaricum) dünn aufgestrichen, nach Entfernung der beigemischten Haare gewaschen, getrocknet und dann in bleiernen oder zinnernen Büchsen oder in Hörnern aufbewahrt.

Ueber das Freileben der Zibethkatzen weiss man merkwürdiger Weise äusserst wenig. Sie sind wie die Marder meist nur des Nachts thätig und nähren sich auch wie sie von kleinen Säugethieren, Vögeln und deren Eiern sowie von Früchten; im Nothfall sollen sie auch mit Amphibien und Wurzeln vorlieb nehmen. Ihre Jungen bergen sie in Baum- oder Felshöhlen. Im Habitus sowohl als in den einzelnen Kennzeichen sind sie ein Mittelding zwischen Katzen und Mardern. Der Leib ist marderartig schlank, aber da die Beine länger sind und den Leib höher tragen, so machen sie die Figur einer kurzbeinigen, sehr gestreckten Katze. Der Kopf ist zwar marderartig zugespitzt, allein nicht von oben nach unten zusammengedrückt, sondern eher etwas von der Seite, was ihnen eigenthümliches Aussehen verleiht. Der Schwanz spitzt sich von der Wurzel an allmählig zu. Benutzt werden, so viel bekannt, folgende drei Arten, namentlich aber die zwei erstgenannten:

Die afrikanische Zibethkatze (Viverra civetta), auch Civette genannt, hat die Grösse eines starken Fuchses, der Leib ist ziemlich kräftig, der Schwanz etwa halb so lang als der Körper, der Pelz dicht und grob und über den ganzen Rücken und Hals, selbst noch die Schwanzwurzel, zieht eine ziemlich lange Mähne, die im Zorne gesträubt wird. Die Grundfarbe ist ein schönes Aschgrau, auf dem zahlreiche runde und eckige, überhaupt sehr verschieden gestaltige und verschieden grosse Flecken stehen, die bald Quer-, bald Längsreihen bilden; der Schwanz hat 6—7 schwarze Ringel und eine schwarzbraune Spitze; an Kopf und Hals stehen weisse Zeichnungen. Die ursprüngliche Heimath

der Civette ist die afrikanische Westküste, besonders Guinea, wo sie trockene, sandige und unfruchtbare Hochebenen und Gebirge bewohnt, die mit einzelnen Bäumen und Sträuchern bewachsen sind. Wie weit sie von da nach Osten reicht, steht nicht fest, denn in Ostafrika (Abissinien, Nubien und Egypten) trifft man sie nirgends wild, wohl aber als Hausthier zur Zibethgewinnung.

Die asiatische Zibethkatze (Viverra zibetha) oder Zibethe ist schmächtiger, langohriger, spitzschnäuziger und langschwänziger und hat keine Rückenmähne. Die Grundfarbe ist bräunlichgelb, die dunkeln Flecken sind zu viel regelmässigeren Querstreifen dicht zusammengeordnet, die auf dem Rücken zu einem breiten schwarzen Mittelstreifen ineinanderfliessen, und der Schwanz hat 9—10 dunkle Ringe. Die Heimath dieser Art ist Ostindien und die ostindischen Inseln, von wo sie aber sehr weit nach Westen und Osten, sogar bis nach Amerika verbreitet worden ist, so dass sie jetzt in der alten Welt bis nach Arabien vorkommt und in der neuen Welt in Guatemala, Mexico, Nicaragua, Cuba etc. verwildert angetroffen wird.

Die indische Zibethkatze (Viverra indica) oder Rasse ist viel kleiner, als die vorige, etwa von der Grösse einer Hauskatze, aber gestreckter. Der Schwanz ist nicht viel kürzer, als der Leib und an der Wurzel nicht so lang behaart, so dass er sich besser vom Leibe absetzt. Die Grundfarbe ist gelblichgrau und die dunkeln Flecken liegen so regelmässig, dass sie eben so gut in Längsreihen als in Querreihen geordnet sind, dabei stehen sie fast gleichweit von einander ab. Sie lebt gleichfalls in Indien und auf den indischen Inseln, ist aber nicht so weit verbreitet. Die Rasse ist ein sehr niedliches und viel liebenswürdigeres Thier als die vorigen und ich erinnere mich immer mit Vergnügen eines ganz zahmen Pärchens, das ich im Wiener Thiergarten mehrere Jahre lang besass und das durch seine eleganten schlangenartigen Bewegungen die Zierlichkeit seiner Gestalt in helles Licht treten liess.

Der Biber (Castor fiber).

Die in dem Arzneimittelschatze unter dem Namen Castoreum oder Bibergeil laufende Substanz ist die Vorhautschmiere (Smegma praeputii) des Bibers. Sie findet sich in zwei Säcken, die beim Männchen mit je einer grossen Oeffnung in den langen Vorhautkanal, beim Weibchen in die Scheide münden und dicht unter der Haut liegen. Man unterscheidet an den Säcken vier Häute. Die äusserste ist eine Muskelhaut, welche dem Thiere zum Auspressen des Inhaltes dient. Die nächstfolgende ist eine fibröse Kapsel, welche den Sack zusammenhält und gleich der vorigen leicht abgezogen werden kann. Die dritte ist das eigent-

liche Drüsenlager und stellt eine papierdicke silberglänzende Haut dar, die mit zahlreichen Windungen und Faltenbildungen so in das Innere des Sackes vorspringt, dass dessen Lichtung in zahlreiche unregelmässige, spaltförmige Kammern zerfällt; auf der innern Oberfläche derselben stehen, dachziegelförmig sich deckend, zahllose, einem gezähnelten halbmondförmigen Schüppchen ähnliche Hervorragungen, unter deren jedem ein kleines Drüschen ausmündet. Die letzte innerste Haut ist eine Fortsetzung des Vorhautepithels und überzieht die Lamellen der dritten Haut.

Das Castoreum entsteht wohl durch eine Art Fettmetamorphose der Drüsenzellen und zeigt unter dem Mikroskop nebst Fettklümpchen zahlreiche Epithelialzellen und Krystalle von schwefelsaurem, kohlensaurem und oxalsaurem Kalk. Beim lebendigen Thier wechselt Aussehen und Consistenz nach den Jahreszeiten: von Juli bis Februar ist es fast ölig flüssig, weissgelb, beim Trocknen wenig dunkler, von März bis Juli ist es gallenartig dick, trübe, schwefelgelb und wird beim Trocknen gelbbraun. In den getrockneten oder geräucherten Castorsäcken, wie sie in den Handel kommen, ist es in verschiedenen Graden bis zu erdiger Härte eingetrocknet und ockergelb bis dunkelbraun.

Seiner Zusammensetzung nach besteht ein sehr wesentlicher Unterschied zwischen dem sibirischen und dem canadischen Castoreum, indem das erstere viel reicher an den wirksamen Bestandtheilen (ätherischem Oel und Bibergeilharz) ist, statt deren das canadische ungemein viel kohlensauren Kalk enthält. Auf letzterem Umstand beruht auch die Unterscheidbarkeit der beiden Sorten, denn das canadische braust bei Säurezusatz sehr stark auf. Ferner enthält es Carbolsäure, Benzoësäure, Salizin, kohlensaures Ammoniak, phosphorsaure und schwefelsaure Salze.

Die medizinische Wirkung des Castoreums stellt es dem Moschus an die Seite, indem es belebend auf das Nervensystem wirkt, aber lange nicht so kräftig; auch ist es krampfstillend und äussert diesen Einfluss besonders auf die weiblichen Geschlechtstheile, weshalb es bei hysterischen Krankheiten benutzt wird. Allein da man für alle diese Dinge bessere Mittel hat, so nimmt es in unserem Arzneischatz eine untergeordnete Stellung ein.

Ausser den Castorsäcken hat der Biber noch zwei Drüsen, die Oelsäcke, die mit zwei — wohl auch mehr - Oeffnungen rechts und links vom Darme nach aussen münden. Sie enthalten das sogenannte Bibergeilfett (Axungia castorei), das beim Männchen weiss und fest ist und stechend nach Salpetersäure riecht, beim Weibchen dickflüssig und bläulichgrau ist und nach Schwefelwasserstoff riecht. Nebstdem hielt man früher in den Apotheken auch noch das weisse geruchlose Körperfett des Bibers (Axungia castoris).

Der Biber gehört zu den Nagethieren, hat etwa die Grösse eines Spitzerhundes, einen starken plumpen Leib, kurzen dicken Hals, einen stumpfschnäuzigen glattscheitligen Kopf mit einem Doppelpaar ungeheurer gelber Schneidezähne, kurze fünfzehige, mit Schwimmhäuten versehene Füsse und einen glatten, breiten, abgeflachten Schwanz. Die Behaarung des Leibes besteht aus einem ausserordentlich dichten, flockigen, seidenartigen Wollhaar und dünner stehenden langen, starken, steifen, glänzenden Grannenhaaren. Der Schwanz ist nur im ersten Drittel lang behaart, die zwei letzten Drittel tragen nur vereinzelte Haare und sind mit kleinen länglichen, fast sechseckigen Gruben bedeckt, sodass dieser Theil ein schuppiges Ansehen hat. Die Oberseite des Thieres ist dunkel kastanienbraun, die Unterseite heller.

Der Biber hatte ursprünglich eine ungemein grosse Verbreitung und bewohnte alle gemässigten bis kalten Himmelsstriche der ganzen nördlichen Halbkugel (zwischen dem 33. und 68. Breitegrade), also Amerika, Europa und Asien; allein durch die unausgesetzten Verfolgungen seitens der Menschen und durch die Cultur ist sein Verbreitungsbezirk eingeengt und die Kopfzahl bedeutend herabgemindert worden. Am meisten gilt dies für Europa, wo er früher an allen Flüssen bis Spanien gefunden wurde. Jetzt fehlt er in Spanien, Frankreich und der Schweiz, ganz ebenso am Rhein, findet sich dagegen noch vereinzelt an Mosel, Donau, Nab, Maas, Lippe, Weser, Aller, Riss, Bober, Elbe, Havel etc. Erst in den polnischen und russischen Flüssen nimmt seine Menge zu und die sibirischen Flüsse bewohnt er noch in grosser Zahl. Auch in Schweden ist er noch nicht so selten. In Amerika ist er gleichfalls weit ins Innere und in den Norden verdrängt und häufiger nur noch in den Ländern um die Hudsonsbay. Die Ursache der heftigen Verfolgung durch die Menschen ist nicht blos die Castoreumgewinnung, sondern noch weit mehr der kostbare Pelz des Thieres. Die Grannenhaare, die man ausrauft, werden zu Hüten, Pinseln etc. verarbeitet und der übrigbleibende Pelz steht an Dichte, Feinheit und Dauerhaftigkeit wenigen anderen Pelzwerken nach.

Als Wasserthier bewohnt der Biber wasserreiche Niederungen, wo er, wenn ihn der Mensch nicht stört, sich mehr an den kleineren, von Wald umsäumten Bächen und Seen ansiedelt. Seine Lebensweise ist höchst interessant. Aehnlich der Fischotter lebt er in Uferhöhlen; allein während diese bei der Otter sich ganz im trockenen Theile der Böschung halten und nicht auf die Oberfläche kommen, beginnt die Röhre des Bibers unter dem Wasser und führt schliesslich auf die Oberfläche in ein dort stehendes künstliches, backofenförmiges Wohngebäude, das der Biber aus Holzknüppeln aufführt und mit Schlamm dichtet. Diese Gebäude sind oft 2—2½ Meter hoch und die Gänge öfter 15—20 Meter

lang. Wo die Biber nur noch vereinzelt vorkommen, tritt hierzu nichts Weiteres, allein wo sie colonienweise hausen, errichten sie Dämme oder Wehren, sobald der Wasserspiegel weit genug sinkt, um ihre Schlupflöcher mit Verlegung ins Trockene zu bedrohen. Die Dämme werden gemeinschaftlich erbaut und haben abgeschnittene Baumzweige, Knüppel etc. zur Grundlage und das Ausfüllungsmaterial besteht aus Wasserpflanzen und Schlamm. Die Veranlassung zur Entstehung dieses merkwürdigen Instinktes liegt in ihrer Ernährungsweise. Der Biber frisst nur Baumrinde; um zu dieser zu gelangen, schneidet er die Uferbäume so um, dass sie ins Wasser fallen; entfernter stehende werden zerschnitten, herbeigeschafft und ebenfalls ins Wasser geworfen. Erst hier frisst er an ihnen und für den Winter legen sie sich im Wasser vor ihrem Baue grosse Vorräthe von Baumzweigen an. Wenn grössere Colonien ein kleineres fliessendes Wasser bewohnen, so muss oft genug durch Aufstauung der hineingeworfenen Baumtheile von selbst eine Abdämmung entstanden sein und darin lag die Veranlassung für die Erfindung, künstliche Dämme zu bauen. Unter den Bäumen ziehen sie die auf feuchtem Boden wachsenden Weiden, Pappeln und Erlen vor, dann auch Eschen und Birken. Ihr ungeheures Gebiss befähigt sie, Stämme von nahezu $^1/_2$ Meter Dicke umzuschneiden und es ist begreiflich, dass eine Bibercolonie dadurch bedeutenden Waldfrevel verübt und mit geregeltem Forstbetrieb sich schwer vereinigen lässt. Doch hat man in manchen Gegenden, wo das Holz kaum einen Werth hat, angefangen, Colonien dieses werthvollen Thieres weidmännisch zu hegen. Die Jagd auf den Biber wird hauptsächlich mittelst Fallen betrieben; auch erschlägt man sie Winters in den Wuhnen, an welche sie zum Athemschöpfen kommen; die Castoreumbeutel werden ausgeschnitten, getrocknet und geräuchert und so in den Handel gebracht.

Der Klippdachs (Hyrax capensis).

Der fast nicht mehr zu erschwingende Preis des Bibergeils hat erst in der letzteren Zeit ein ähnlich wirkendes Produkt, das Hyraceum, auch Dasjespiss und Dassenpiss genannt, in Beachtung gesetzt. In seiner Heimath gilt es für den eingetrockneten Harn des oben genannten Thieres, allein es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass es die mit Harn benetzten Excremente des Thieres sind. Das Hyraceum ist eine schwarzbraune feste, aber zähe und wie ein Pflaster mit den Fingern knetbare Masse, die mit einzelnen Haaren durchsetzt ist. Es enthält neben den gewöhnlichen Harn- und Gallenbestandtheilen und unverdauten Pflanzen- und Insektentheilchen als wichtigsten Stoff ein durchdringend riechendes saures Harz und ein ätherisches Oel. Seine medizi-

nische Wirkung ist ganz ähnlich der des Bibergeils und wird bei hysterischen Leiden mit fast gleichem Nutzen wie das letztere verwendet, wobei es den Vortheil hat, weit billiger zu sein.

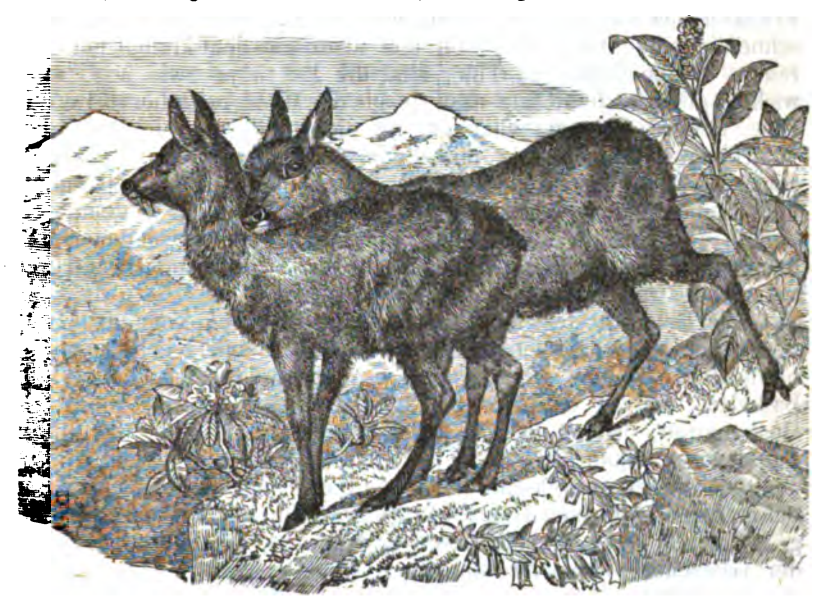
Der Klippdachs oder Klippschliefer ist insofern ein systematisch höchst interessantes Thier, als er das letzte Ueberbleibsel einer in der Vorzeit durch viele und zum Theil sehr grosse Arten vertretenen Hufthier-Abtheilung ist, die unter den heute lebenden Thieren in den Nashörnern ihre nächsten Verwandten hat. Diese Verwandtschaft zeigt der Klippschliefer deutlich durch seinen Skeletbau und dadurch, dass die Zehen, deren er vorn vier, hinten drei hat, in Hufe endigen. Die heutigen Klippdachse, die in einige äusserst ähnliche geographisch vikarirende Formen zerfallen, sind nur von der Grösse eines Kaninchens, von nagethierartiger Gestalt und Behaarung, auch dadurch den Nagethieren ähnelnd, dass im Oberkiefer nur zwei durch eine Lücke getrennte Schneidezähne stehen. Die Ohren und der Schwanz sind sehr klein und fast ganz im Pelz versteckt. Letzterer ist fein, weich und dicht, oben lehmfarbig, unten gelber; die Augen sind gross und die schwarze Nasenspitze stets feucht. Diese putzigen, äusserst harmlosen und furchtsamen Geschöpfe bewohnen die Klippenwände des afrikanischen und asiatischen Continents und sind besonders häufig in Syrien, am Cap und in Abissinien. Sie leben dort fast immer gesellig, verstecken sich bei Nacht und vor Gefahr in die Felsspalten und treiben sich im Sonnenschein mit der grössten Geschicklichkeit und Behendigkeit selbst an fast senkrechten Wänden herum. Ihre Nahrung sind die äusserst aromatischen Kräuter, die an den Felsen wachsen, und wo sie colonienweise hausen, liegt ihr Koth überall in den Steinritzen in Menge herum. Das bis jetzt in den Handel gesetzte Hyraceum kommt vom Cap der guten Hoffnung.

Das Moschusthier (Moschus moschiferus).

Unter den von Thieren gelieferten ätherisch-öligen und harzigen Arzneimitteln steht an Wirksamkeit der Moschus, auch Bisam genannt, obenan. Er wird in den Wandungen eines Sackes, des sogenannten Moschusbeutels, abgesondert, der in der Mittellinie des Bauches zwischen Nabel und Vorhautmündung bei den männlichen Moschusthieren liegt und zwar zwischen der Haut und den Bauchmuskeln. Die feine Oeffnung, die in den Beutel führt, wird durch die pinselförmigen Haare gedeckt, die am Ausgange des Ruthenkanals liegen. Wo der Sack der Bauchwand aufliegt, ist er eben, an der andern Seite flach halbkuglig gewölbt und mit einer kreisförmigen Muskellage bedeckt. Seinem Bau nach ist er eine Einstülpung der äusseren Haut und die Drüsen, welche

in seiner Wand liegen, sind wohl metamorphosirte Talgdrüsen. Die Innenfläche des Sackes zeigt netzartige Vorsprünge, die aber sehr niedrig sind, so dass die Lichtung des ca. 5 Ctm. langen Sackes 20—60 Gramm Moschus beherbergen kann.

Der Haupt-Bestandtheil des Moschus ist eine eigenthümliche, flüchtige, den ätherischen Oelen sich nähernde, für sich nicht darstellbare, durchdringend riechende organische Substanz, von der bis zu 41 % vorhanden sein können; daneben findet sich Ammoniak, eine spezifische organische Säure, verseifbares Fett, Cholestearin, ein eigenes bitteres Harz, eine eigenthümliche ammoniak-



Moschusthier.

haltige moderartige Substanz, osmazomartige Stoffe und Salze. Indess ist zu bemerken, dass der Moschus sehr vielfach verfälscht wird und dass nicht alle Sorten gleich gut sind; für den besten gilt der aus Tunkin und Tibet stammende Moschus tunquinensis s. orientalis, dessen Beutel klein und kurz behaart sind; schlechter ist der M. sibiricus, cabardinicus s. moscoviticus, der in grösseren lang behaarten Beuteln steckt. Der nicht in Beutel eingeschlossene Moschus e vesicis ist meist verfälscht.

Die medizinische Wirkung ist ein belebender, erregender Einfluss auf das Nervensystem im Ganzen, besonders aber auch auf die Geschlechtsnerven, wo dieselben in geschwächtem Zustande

sich befinden. Ueber den Vortheil, den das Thier in seinem Freileben daraus zieht, weiss man nichts, als dass zur Brunftzeit die Thiere einen äusserst heftigen Geruch verbreiten, was auf irgend eine Beziehung zur Geschlechtsthätigkeit hinweist.

Das Moschusthier gehört zu den wiederkäuenden Säugethieren mit gespaltenen Hufen und steht in der Mitte zwischen den kleinen Antilopen und den kleinen Hirscharten, von beiden dadurch unterschieden, dass es weder Hörner noch Geweihe trägt; auch mangeln ihm die Thränengruben und die Haarbürsten an den Hinterbeinen. Das Männchen ist ausgezeichnet durch die sehr langen Eckzähne des Oberkiefers, die hauerartig gekrümmt, sehr spitz und schneidig sind und 5 Ctm. weit und mehr aus dem Munde hervorragen. Beim weiblichen Thier sind die Eckzähne zwar auch entwickelt, allein nicht so lang, dass sie aus der Mundspalte hervorragen. Eine weitere Eigenthümlichkeit ist die starke Entwicklung der Afterklauen, so dass es mit ihnen den Boden berühren kann. Die zwei Hauptzehen sind durch eine schlaffe Haut verbunden und können weit gespreizt werden. Das Thier hat im Allgemeinen Grösse und Gestalt eines Rehes, ist aber etwas gedrungener gebaut; der Schwanz stummelförmig wie beim Reh, die Behaarung anliegend straff und von rothbrauner Farbe.

Die Heimath des Moschusthieres ist Ostasien vom 60. Grad nördlicher Breite bis nach Indien und China und hier ist es am häufigsten auf den tibetanischen Abhängen des Himalaya, am Baikalsee und in der Mongolei. Seine Aufenthaltsorte sind die Hochgebirge, jedoch geht es hier ebenso wenig über die obere Baumgrenze hinaus, als es in die Thäler herabsteigt. Auf seinem Terrain bewegt es sich mit derselben Sicherheit, Gewandtheit und Schnelligkeit wie eine Gemse, erklettert die steilsten Felswände, geht flüchtig über den lockersten Schnee und sicher über das Eis der Gletscher, überschwimmt auch in der Noth die breitesten Ströme. Bei all dieser leiblichen Begabung ist es jedoch den Nachstellungen des Menschen deshalb sehr zugänglich, weil es mit äusserster Zähigkeit an seinem Standort und seinen einmal gewohnten Wechseln festhält. Hat man eins aufgejagt, so kann man sich darauf verlassen, dass es nach kurzem wieder zur selben Stelle zurückkehrt, und die meisten werden in Schlingen gefangen, die man auf die Wechsel stellt. Bei Tage liegt es still im Gebüsch verborgen, ähnlich wie unser Rehwild, und geht erst Nachts auf Aesung aus. Diese ist nach den Standorten verschieden, allein überall sucht es sich die gewürzhaftesten Pflanzen heraus. Auf dieser Verschiedenheit der Nahrung beruht wohl auch die verschiedene Güte des Moschus je nach den einzelnen Verbreitungsgebieten, doch weiss man durchaus nichts darüber, welche Pflanzen den sibirischen Moschusthieren abgehen, dass ihr Moschus

um so viel geringer ist. Im Winter besteht ihre Nahrung fast nur aus Flechten, im Sommer aus den verschiedensten Alpenkräutern.

Die Brunftzeit fällt in den November und December. Während sie zuvor vereinzelt leben, schlagen sie sich jetzt rudelweise zusammen, die Männchen in heftigen Kämpfen um die Weibchen sich ergehend. Hiezu gebrauchen sie hauptsächlich ihre langen scharfen Eckzähne, mit denen sie sich gefährliche Wunden beibringen. Zu dieser Zeit verbreiten die Böcke einen unausstehlichen Moschusgeruch, den man nach Aussage der Jäger eine Viertelmeile weit wahrnehmen könne. Im Mai und Juni ist die Satzzeit und es werden nur ein oder zwei Junge geworfen, welche die Gais bis zur nächsten Brunftzeit führt.

Das Fleisch ist für Europäer ungeniessbar; auch die Eingeborenen jagen das Thier fast nur des Moschusbeutels wegen und werfen deshalb erlegte Weibchen häufig genug weg, ohne sie auch nur zu streifen, denn selbst die Felle, die sonst kein schlechtes Leder liefern, sind wegen des unvertilgbaren Moschusgeruchs in Misskredit. Dieser Geruch ist überhaupt in concentrirtem Grade so furchtbar, dass man sagt, die Jäger verstopfen sich beim Ausschneiden des Beutels Mund und Nase, weil ein unvorsichtiges Einathmen tödtlich werdende Blutflüsse veranlasse, und Chardin berichtet, er sei nie im Stande gewesen, sich den Moschusverkäufern zu nähern und habe die Einkäufe durch dritte Personen besorgen lassen.

Der Edelhirsch (Cervus elaphus).

Von diesem einheimischen Wild spielt hauptsächlich das Geweihe der männlichen Thiere in der Pharmakopoe eine allerdings jetzt nicht mehr grosse Rolle, da es durch andere thierische Theile ersetzt werden kann, denn im Wesentlichen hat es dieselbe Zusammensetzung wie die Knochen.

Man stellt aus dem Hirschhorn einmal das Cornu cervi ustum nigrum dar, indem man das Hirschhorn bei Abhaltung von Luft solange erhitzt, bis der Knorpel vollständig verkohlt ist; dieses Präparat enthält demnach Knochenerde und eine cyanhaltige Kohle. Ferner bereitet man daraus das Cornu cervi ustum album, indem man es bei Luftzutritt bis zu vollständiger Vergasung der organischen Grundlage weiss brennt. Dieses Präparat ist reine Knochenerde, also phosphorsaurer Kalk mit wenig phosphorsaurer Magnesia und kohlensaurem Kalk, und kann deshalb aus Knochen gerade so gut bereitet werden.

Ein weiteres Präparat ist das Hirschhornöl (Oleum cornu cervi — Oleum animale foetidum). Es wird durch trockene Destillation aus dem Hirschhorn, ebenso gut aber auch aus Knochen

und allen möglichen stickstoffhaltigen thierischen Bestandtheilen gewonnen, hat einen äusserst widerwärtigen Geruch und besteht aus verschiedenen brenzlichen Oelen. Es war früher hauptsächlich als Bandwurmmittel in der Thierheilkunde in Gebrauch. Aus ihm bereitet man das ätherische Thieröl (Oleum animale aethereum — Oleum cornu cervi rectificatum) durch Destillation in gelinde warmem Sandbad und nochmalige Rectification durch Wasser, bis es farblos ist. Es ist äusserst flüchtig, wirkt wurmwidrig, krampfstillend, schweiss- und harntreibend, ist aber auch fast nicht mehr gebräuchlich wegen des äusserst schlimmen Geruches. Aus dem ätherischen Thieröl gewinnt man das flüchtige Hirschhornsalz (Sal volatile cornu cervi — Ammonium carbonicum pyro-oleosum) durch Zusatz von 4 Theilen kohlensaurem Ammoniak. Es ist ein weissgelbliches krystallinisches Pulver, das ähnlich wirkt wie das kohlensaure Ammoniak für sich allein und ist deshalb obsolet. Aus dem Hirschhornsalz wird der Hirschhorngeist (Spiritus cornu cervi rectificatus) hergestellt, derselbe wirkt wie das vorige Präparat, aber etwas schwächer.

Ausser dem obigen wird nur noch der Hirschtalg (Sevum cervinum), der in der Fettkapsel der Nieren und dem Gekröse liegt, in den Apotheken geführt; er ist stearinhaltiger als der Hammeltalg, deshalb härter und brüchiger als dieser, im übrigen und in der Anwendung verhält er sich gleich.

Der Hirsch gehört zu den Geweihe tragenden Wiederkäuern und zwar zu denen mit mehrfach verästeltem Geweihe ohne Endschaufel. Die Bildung dieses Organs ist eine höchst merkwürdige. Es wächst als ein von weicher, behaarter, gefässreicher Haut, dem sogenannten Bast, überzogener Zapfen von dem Stirnbein aus in die Höhe, ist anfangs knorplig weich (Kolben), in welchem Zustande es bei Feinschmeckern seiner Zeit als Aphrodisiacum geschätzt und verspeist wurde. Bei weiterer Entfaltung verknöchert der Zapfen von der Basis allmählig gegen die Spitze und besteht dann aus Knochengewebe. Sobald die Verknöcherung beendet ist, fängt die Haut an, abzusterben und sich in Fetzen loszulösen, was der Hirsch durch Reiben und Schlagen an Baumstämmen („Verfegen") beschleunigt. Die ihres ernährenden Ueberzugs beraubte Knochenstange unterhält eine Zeit lang noch in ihrem Innern eine Blutzirkulation, die aber allmählig von der Spitze gegen die Basis hin erlischt. Nun bildet sich unterhalb der sogenannten Rose eine Demarkationslinie zwischen dem todten vertrockneten Theile der Stange und dem noch von der Haut überzogenen lebendigen Wurzelstück, dem sogenannten Rosenstock. In dieser Linie wird die Knochensubstanz allmählig durch Aufsaugung poröser, dann die Bälkchen, die den Zusammenhang herstellen, immer schwächer, bis schliesslich die Stange abbricht (Geweihabwurf) und eine blu-

tende Fläche zurücklässt, aus welcher sofort ein neuer mit Haut überzogener Kolben herauswächst. Dieser Geweihabwurf wiederholt sich Jahr für Jahr im Frühjahr, dabei ändert sich auch das Geweihe jedesmal in Form und Masse. Das erste Geweihe ist eine gerade, schwache, kurze, unverästelte Stange (Spiesshirsch); bei den folgenden nimmt nun das Geweihe stetig an Länge und Dicke zu und gewinnt eine immer weiter gehende Verästelung, die jedoch nicht immer regelmässig verläuft. Der weibliche Hirsch zeigt keine Geweihbildung, nur bei alten Thieren bemerkt man manchmal einen Ansatz dazu.

Der erwachsene Hirsch hat eine Körperlänge von etwa 2 Meter und eine Höhe von etwa 1,25 Meter, besitzt einen kurzen Schwanz (Blume), ein grobes, im Winter längeres Grannenhaar, das im Sommer mehr röthlichbraun, im Winter mehr graubraun ist, und darunter ein sehr feines Wollhaar. Seine Heimath erstreckt sich durch ganz Europa und Nordasien; in ersterem bis zum 65., in letzterem bis zum 55. Grad nördlicher Breite; in den intensiver kultivirten Theilen ist jedoch der Hirsch auf grössere Waldkomplexe und namentlich auf die gebirgigeren Gegenden eingeschränkt, da er dem Ackerbau und Forstbetriebe hinderlich ist und zwar darum: Der Hirsch nährt sich von allerlei Pflanzenstoffen und darunter fallen sehr viele Kulturgewächse. So weidet er einmal die junge Saat ab, dann frisst er sie wieder gern, wenn die Samen in der Milch stehen, und von den Knollengewächsen liebt er vorzugsweise die Kartoffel, die er mit den Hufen ausgräbt, auch die Blattpflanzen frisst er sehr gern. Dabei wird natürlich von dem grossen Thiere weit mehr zertreten nnd niedergebrochen, als es frisst. Im Walde äst der Hirsch Knospen, Blätter, junge Triebe und Zweige der Holzgewächse und zarte Rinde, wodurch er namentlich in Saatschulen und Kulturen vielen Schaden anrichtet und endlich schlägt er auch durch das Verfegen seiner Geweihe junge Bäume zu Schanden.

Ausser der Brunftzeit leben die Hirsche in der Weise getrennt, dass die stärkeren Hirsche für sich kleinere Rudel bilden, während die weiblichen Thiere, die Kälber und die schwachen Hirsche (Spiesser und Gabler) gesondert zusammenhalten. Wo sie nicht gestört sind, hält jedes Rudel seinen Standort ziemlich fest mit der Einschränkung, dass die Berghirsche sich im Winter tiefer herabziehen, im Sommer die kühleren Höhen aufsuchen und dass sie bei Tage im Dickicht stehen, Abends zur Aesung die lichteren Stellen, die Schläge, Waldwiesen und angrenzenden Felder besuchen und bei Sonnenaufgang ganz allmählig sich zuerst in die Vorhölzer und schliesslich in den Hauptstand zurückziehen. Die Brunftzeit beginnt mit Anfang September und dauert bis Mitte Oktober. Schon zuvor tritt der starke Hirsch auf den

Brunftplatz, den er Jahr für Jahr festhält, solange er nicht gestört wird, und lässt mit Einbruch der Dunkelheit ein sehr starkes Gebrüll hören. Allmählig ziehen sich auch die Rudel der Weibchen und schwachen Hirsche in die Nähe des Brunftplatzes und nun beginnt ein aufregendes Treiben, um die schwächeren Hirsche abzuschlagen und die weiblichen Thiere zusammenzuhalten, auch fallen erbitterte Kämpfe zwischen benachbarten starken Hirschen vor, die oft tödlich enden. Nach der Begattungszeit werden die Brunftplätze verlassen, aber die Absonderung der starken Hirsche erfolgt erst später. Das Thier geht 40—41 Wochen trächtig, sondert sich zur Satzzeit aus dem Rudel ab und wirft Ende Mai, Anfang Juni ein, selten zwei Kälber, die erst nach etwa drei Tagen der Mutter bequemer folgen können und nach acht Tagen völlig flüchtig sind. Nach 7 Monaten setzt das Hirschkalb (männlich) sein erstes Geweihe auf, das Wildkalb (weiblich) ist im dritten Jahre fortpflanzungsfähig.

Das Rind (Bos taurus).

Dieses nützlichste und verwendungsfähigste unserer Hausthiere muss hier eine Stelle finden, weil eine Reihe seiner Produkte in dem Heilmittelschatz eine Verwendung finden und zwar zu den verschiedenartigsten Zwecken, wie aus Folgendem hervorgeht.

Das Fleisch des Rindes ist nicht nur als einfaches Nahrungsmittel eines der beliebtesten, sondern dient auch gegenwärtig zur Herstellung einiger Präparate, die in den Apotheken geführt werden. Das verbreitetste dieser Präparate ist das Fleischextrakt (Extractum carnis), eine bratenbraune Masse von Salbenconsistenz, die aus Südamerika in den Handel kommt und deren Herstellung man Liebig's Anregung verdankt. Das Fleisch wird mit kaltem Wasser extrahirt, um die Beimengung von Leim zu verhindern, das Extrakt gekocht, um das Eiweiss abzuscheiden, und dann im Vacuum eingedickt. Das Extrakt enthält als Hauptsache die Salze des Fleisches, unter denen wieder die Kalisalze die wichtigsten sind, dabei eine Reihe stickstoffhaltiger Extraktstoffe. Fälschlicher Weise ist ihm von manchen Seiten eine ernährende Wirkung zugeschrieben worden, eine solche kommt ihm nicht zu, sondern es gehört in die Kategorie der excitirend wirkenden Genussmittel, wohin z. B. auch Thee- und Kaffeeextrakt zu stellen sind; speziell erhöht es die Energie des Herzschlags und vermehrt die Pulsfrequenz, was auf Rechnung der Kalisalze zu setzen ist. In zu grossen Dosen kann es durch Lähmung des Herzens giftige bis tödtliche Wirkungen haben.

Ein zweites ärztliches Präparat ist die Liebig'sche Fleischbrühe, ein kalt bereitetes Extrakt des Fleisches mit schwach

durch Salzsäure angesäuertem Wasser. Dasselbe enthält ausser den Salzen noch die in Wasser löslichen Albuminate. Eindickung wird nicht vorgenommen, auch dasselbe stets frisch bereitet, da es in hohem Grade zersetzungsfähig ist. Es wird als ein äusserst leicht verdauliches intensives Ernährungsmittel bei geschwächter Verdauungskraft und consumirenden Krankheiten mit Vortheil angewandt.

Ein drittes, leider noch nicht sehr in Aufnahme gekommenes Präparat ist das Fleischpulver, das man aus fettfreiem Fleische durch Eintrocknung im Vacuum und nachheriges Pulverisiren gewinnt. Das Haupterforderniss für dasselbe ist Abwesenheit von Fett, da es sonst sehr bald ranzig wird. Das Fleischpulver ist nach Versuchen, die ich selbst damit anstellte, ein wohlschmeckendes, ausserordentlich leicht verdauliches, intensives Ernährungsmittel, dessen Nährwerth dem vierfachen Quantum frischen Muskelfleisches entspricht. Es wird in Zuckerwasser eingerührt genossen und leistet bei Consumptionskrankheiten und Verdauungsstörungen gute Dienste.

Die Kuhmilch ist die Absonderung der grossen, aus verästelten Drüsenschläuchen gebildeten Milchdrüse. Sie entsteht durch fettige Metamorphose der in den Endbläschen der Drüse sitzenden Zellen. Hierbei tritt in den Zellen allmählig eine grössere Anzahl von kleinsten Fetttröpfchen auf, die Zelle löst sich los und schwimmt nun als ein himbeerförmiger Körper, Colostrumkugel, in welcher die einzelnen Fettkügelchen noch durch das Zellprotoplasma zusammengehalten werden, in dem aus dem Blute ausgeschwitzten Milchserum. Am Ende der Tragzeit und in den ersten Tagen nach der Geburt enthält die Milch fast nur solche Colostrumkugeln und heisst dann Colostrum, später aber zerfallen die Colostrumkugeln noch innerhalb der Drüse in die einzelnen Milchkügelchen, indem sich die Fetttröpfchen, noch umschlossen von einem Caseïnhäutchen, von einander ablösen.

Die Milch enthält zweierlei Eiweissstoffe, das Caseïn (Käsestoff) und das Albumin (siehe pag. 6), dann das Butterfett, aus viel Elain und Palmitin, wenig Stearin und einer grösseren Zahl anderer neutraler Fette (Butyrin, Capronin, Caprylin, Myristin und Caprinin) bestehend; endlich Milchzucker, einige Salze und Extraktivstoffe. Die Kuhmilch ist zwar der menschlichen Milch sehr ähnlich, allein concentrirter, indem sie mehr Caseïn, Fett und Salze, dagegen weniger Zucker enthält. Die Colostrummilch hat 36 % feste Bestandtheile und enthält keinen Milchzucker; der Gehalt an festen Bestandtheilen nimmt in der ersten Zeit rasch ab und später wieder zu. Der Normalgehalt ist etwa 12 %, schwankt aber zwischen 7,6—13,1 %.

Gute Milch soll ein spezifisches Gewicht von 1,030—1,040

haben, durch Jodzusatz sich nicht bläuen (Stärkemehlverfälschung), unter dem Mikroskop keine faserartigen Gebilde (Verfälschung durch zerriebenes Gehirn) zeigen und 10—13 % trockenen Rückstand hinterlassen. Bei der Prüfung des spezifischen Gewichts ist es ein Uebelstand, dass vermehrter Fettgehalt das Gewicht mindert, vermehrter Gehalt an den anderen Stoffen es erhöht. Abgerahmte Milch ist also scheinbar besser als unabgerahmte und die gewöhnlichste Verfälschung besteht deshalb in Wasserzusatz zu einer abgerahmten Milch; dadurch ist die Controle mittelst der Milchwagen ohne vorherige Rahmprobe eine sehr unsichere. Da die Güte der Milch von der Menge der Milchkügelchen abhängt und diese die Milch undurchsichtig machen, so hat man eine andere Art von Milchmesser, durch welche der Grad der Undurchsichtigkeit ermittelt wird, in Anwendung gebracht.

Wird die Milch sich selbst überlassen, so erfolgt die Butterabscheidung. Hierbei schmelzen die Caseïnhäutchen, in welchen das Fett der Milchkügelchen eingeschlossen ist. Dadurch kann dieses zu grösseren Tröpfchen zusammenfliessen, die jetzt in Folge ihres geringeren spezifischen Gewichtes aufsteigen und die Sahne (Rahmschicht) bilden.

Eine weitere Erscheinung ist das Gerinnen der Milch. Die Ursache ist die durch eine Hefenpflanze (Oidium lactis) hervorgerufene Umwandlung des Milchzuckers in Milchsäure, die in Verbindung mit Caseïn ein sehr viel Wasser und die Milchkügelchen einschliessendes Gerinnsel bildet. Dieses Gerinnsel zieht sich allmählig zusammen und presst dabei eine sauer reagirende wässrige Flüssigkeit, die Molke (Serum lactis), aus. Letztere ist frei von Caseïn und Butterfett und enthält Milchsäure und Milchzucker in Lösung. Das Gerinnsel ist das Material für die Käsebereitung. Die Gerinnung der Milch kann auch künstlich herbeigeführt werden durch Zusatz von einer Reihe von Salzen oder Säuren. Die üblichste künstliche Gerinnungsmethode ist die durch Zusatz einer sehr geringen Menge von Kälberlab (siehe unten). Hierbei ist jedoch das erhaltene Produkt etwas anders zusammengesetzt als bei der freiwilligen Gerinnung durch Säure; die dabei gewonnene sogenannte süsse Molke (Serum lactis dulce) enthält einmal keine Milchsäure, sondern nur Milchzucker und dann befindet sich noch ein Proteïnkörper in Lösung darin, der durch Lab nicht, dagegen durch Säure als Gerinnsel ausgeschieden werden kann: man nennt diesen Stoff Zieger. Die nach der Ziegerabsonderung übrig bleibende Molke ist dann fast nur eine Milchzuckerlösung, aus welcher nach einem gewissen Verdunstungsgrade der Milchzucker (Saccharum lactis) auskrystallisirt.

Die Präparate, welche aus der Milch gewonnen und in den Apotheken geführt werden, sind folgende: die condensirte Milch

(Lac condensatum) ist eine Masse von Syrupconsistenz, die durch Eindampfen der Milch unter Zuckerzusatz gewonnen wird; wegen ihrer stets sich gleich bleibenden Beschaffenheit eignet sie sich sehr gut zur Bereitung künstlicher Muttermilch für Säuglinge. Die Molke wird nicht nur so gebraucht, wie sie bei der Käsebereitung von selbst sich ergibt, sondern man erzeugt auch, indem man andere künstliche Gerinnungsmittel anwendet, Molken, die einen Beisatz eben dieses Gerinnungsmittels besitzen. So erhält man das Serum lactis tartarisatum durch Fällen mit saurem weinsaurem Kali, das Serum lactis aluminatum durch Alaun, das Serum lactis tamarindinatum durch Tamarinden etc. Das dritte Präparat ist der durch Umkrystallisiren gereinigte Milchzucker, der in weissen durchscheinenden, vierseitigen Pyramiden krystallisirt, schwach süss schmeckt, sich nur sehr langsam in Wasser, gar nicht in Alkohol löst. Er wird hauptsächlich statt gewöhnlichen Zuckers der künstlichen Nahrung für kleine Kinder beigefügt.

Ein weiteres Heilmittel liefert der vierte Magen, der sogenannte Labmagen der Kälber (Kälberlab), der auf seiner inneren Fläche etwa 20—30 blattartige Vorsprünge trägt. Er ist auf seiner ganzen Innenseite mit einer continuirlichen Schicht dicht gedrängt stehender kleiner Drüsenröhrchen (Labdrüsen) überzogen, welche den Magensaft absondern. Der wirksame Bestandtheil dieses Saftes ist das unter dem Namen Pepsin bekannte Ferment, dem der Magensaft seine Verdauungsfähigkeit für Albuminate verdankt. Es wird mit angesäuertem Wasser extrahirt, mit Kochsalz oder Bleizucker gefällt und bildet geruch- und fast geschmacklose Blättchen oder krümliche Massen von gummi- oder eiweissartigem Ansehen, deren Gebrauch bei geschwächter Verdauung wirksam ist.

Auch die Galle des Rindes, die man behufs leichterer Anwendung eindickt (Fel tauri inspissatum), wird bei chronischen Verdauungsstörungen, behinderter Gallenabsonderung etc. mit Nutzen gegeben, weil ihre Anwesenheit die emulsive Vertheilung und Aufsaugung des Fettes erleichtert. Ihre Zusammensetzung ist so ziemlich dieselbe wie die der menschlichen Galle.

Die verschiedenen Fettsorten, die man aus dem Rinde gewinnt, gehören ebenfalls in den Bereich der offizinellen Mittel, allein nur als Constituentia zur Bereitung von Pflastern, Salben etc. Der Rindertalg (Sevum ovinum) ist eine harte, brüchige, bei 37° C. schmelzende, hauptsächlich aus Stearin bestehende Substanz und wird aus dem Fett der Nierenkapsel und des Netzes gewonnen. Das Klauenfett (Axungia pedum tauri) wird aus den von Haut und Hufen befreiten Füssen ausgekocht, ist ein farbloses flüssiges Fett, das erst einige Grade unter dem Gefrierpunkte erstarrt. Das Markfett (Axungia medullae Bovis) ist ein festes, körniges, bläulichweisses Fett, das bei 45° C. schmilzt und aus dem

gelben Mark der Röhrenknochen durch Auskochen mit Wasser gewonnen wird.

Die in der Gewalt des Menschen sich befindenden europäischen Hausrinder sind, abgesehen von dem Büffel (Bos bubalus), der in Süd- und Osteuropa gezähmt sich vorfindet, aus mehr als einer ursprünglichen wilden Art hervorgegangen, worüber wir erst durch die Vergleichung fossiler Rinderknochen mit denen der heute lebenden Aufschluss bekommen haben. Die eine dieser Arten, der Urochs (Bos primigenius), hat noch in geschichtlicher Zeit in Europa gelebt und zwar zugleich mit dem im Bialowiczer Walde noch gehegten, aber von ihm gänzlich verschiedenen Wisent (Bos bison), auf welchen der Name „Auerochs" fälschlicher Weise übergegangen ist. Schon Plinius unterscheidet beide Arten als Bonassus und Urus, ebenso unterscheiden sie alle Schriftsteller des Mittelalters und noch Conrad Gessner bildet beide Arten ab. Erst später, nachdem die Urochsen ausgerottet waren, trat die Confusion ein. Nach einem alten Oelgemälde, das man Anfangs dieses Jahrhunderts entdeckte, war der Urochs ein ziemlich rauhhaariges, mähnenloses Thier mit grossem Kopf, dickem Hals und schwacher Wamme. Die mächtigen Hörner waren gleich denen des ungarischen Ochsen vorwärts und dann aufwärts gekehrt und die Färbung des Felles ein gleichmässiges Schwarz mit lichterem Kinn, die Gestalt ganz die unseres Marschviehes oder sogenannten Fleckviehes. In fünf schon uralten Parken in England und Schottland, von denen der von Chillinghamcastle bei Berwick am Tweedflusse in Northumberlandshire der bekannteste ist, werden jetzt noch wilde Rinder, die sogenannten Parkrinder, gehegt. Sie sind zwar von rein weisser Färbung, allein der Knochenbau und die ganze Gestalt lässt kaum einen Zweifel darüber, dass dieses Parkrind gleichfalls ein Urochse ist, so dass wir diesen wilden Stammvater doch noch unter die lebenden zählen dürfen. Am reinsten lebt der Urochse in den Marsch- oder Fleckviehrassen Norddeutschlands fort. Hierzu kommen nun noch zwei andere, gänzlich ausgestorbene und nur noch fossil bekannte Wildrinder, die man mit unserem europäischen Hausrind in Zusammenhang bringen muss. Das eine ist das vorzugsweise in England fossil aufgefundene Langstirnrind (Bos longifrons), von welchem das schweizer und englische Bergvieh abzustammen scheint; die andere Art, die jedoch der vorigen sehr ähnlich ist und in dem schottischen Bergvieh fortzuleben scheint, heisst Bos frontosus. Sicher ist damit, wie wir unten sehen werden, die Zahl der Wildrinder, welche ihren Beitrag zum Hausrinderstand geleistet haben, noch nicht ganz erschöpft, und das grosse allseitige Interesse, das jetzt dem Studium der Vorgeschichte entgegengebracht wird, dürfte wohl bald genauere Aufschlüsse hervorrufen. Die grosse Mannigfaltigkeit der Rassen unseres Hausviehes ist jedoch

nicht allein dieser mehrfachen Abstammung, sondern auch der Rassenspaltung zuzuschreiben, welche die künstliche und die natürliche Zuchtwahl herbeigeführt hat. Wir können nun hier unmöglich auf alle diese Rassen eingehen und heben nur die hervor, welche entweder durch Abstammung von verschiedenen wilden Arten oder in Folge langer geographischer Isolirung sich schärfer von einander sondern.

Das Alpenrind hat einen kurzen Kopf, eine breite Stirn, stumpfe Schnauze, kurze dünne glatte Hörner, der Leib ist hinten überbaut, so dass das Kreuz höher steht als die Schulter und die Schwanzwurzel nach aufwärts sieht; die Kehlwamme hängt weit herunter und geht bis auf die Brust; der Hals ist dick und stark, die Farbe gewöhnlich ein glänzendes Schwarzbraun mit hellerem Rückenstreif und weissem Maul. Zu ihm gehört fast alles in den Alpen lebende Vieh und es stammt dasselbe, wie schon oben bemerkt, nach Rütimeyer von dem fossilen Langstirnrind.

Das Marschrind, das sonder Zweifel vom Auerochsen abstammt, ist langköpfig, hat eine breite Stirn, schmale Schnauze, sehr kleine glatte kurze Hörner, die auch öfter fehlen, einen ziemlich langen dünnen Hals mit schwacher Kehlwamme; der Leib ist sehr lang gestreckt und der Rücken fast ganz gerade, so dass die Schwanzwurzel nach abwärts sieht; die Beine sind höher als beim Alpenrind. Die Farbe ist zwar sehr wechselnd, allein auffallend ist das häufige Vorkommen ganz weisser oder weisser mit mit schwarzen Flecken besetzter Spielarten. Diese Rasse gehört hauptsächlich den norddeutschen Flachländern an, ist am meisten durch künstliche Züchtung zerspalten worden und hat sich in der ausgiebigsten Weise mit dem Alpenrind vermischt. Diese Mischformen bewohnen besonders das Gebiet der deutschen Mittelgebirge und werden als Thallandrinder bezeichnet.

Das Steppenrind, für das ein Stammvater noch nicht ermittelt ist, fällt besonders ins Auge durch sein riesiges glattes Gehörn, das bis zu einem Meter Länge erreichen kann und wenig gekrümmt, fast wagerecht vom Schädel absteht. Der Kopf ist lang, schmal, spitzschnäuzig, der Hals schlank mit schwacher Kehlwamme, der Leib kürzer, gedrungener als beim Marschvieh, die Rückenlinie ziemlich wagerecht, die Beine lang und der Schwanz kürzer als bei den vorigen Rassen. Die Farbe ist vorzugsweise ein einfarbiges schmutziges Weiss. Seine Heimath ist Ost- und Südeuropa, also Ungarn bis zur Mongolei, dann die Donaufürstenthümer und Italien, wo es fast nur als halbwildes Weidevieh gehalten wird und durch seine lebhaften Bewegungen auffällt, denn es geht stets im Trabe.

Das Buckelrind oder Zebu ist ausgezeichnet durch einen Fetthöcker zwischen den Schulterblättern. Man unterscheidet zwei

geographische Formen: das asiatische Zebu ist kurzbeinig und kurzhörnig, das afrikanische Zebu hochbeinig und die sehr nahe beisammenstehenden Hörner erreichen bei ihm eine Länge von einem Meter und darüber. Das asiatische Zebu ist durch ganz Südasien als Hausthier verbreitet, das afrikanische durch ganz Afrika. In Egypten findet man Mischformen der beiden Rassen. Ueber seine Abstammung weiss man nichts.

Südasien beherbergt noch zwei echte Wildrinder, die in ihrer Heimath auch gezähmt vorkommen: der Gayal (Bos frontalis) ist ein Gebirgsthier der indischen Halbinseln, der Banteng (Bos banteng) lebt auf den Sundainseln; beide stehen in Gestalt, Behaarung und Gehörn den zwei mitteleuropäischen Rassen nahe.

Ein ganz eigenthümliches Thier ist der Grunzochse oder Jak (Bos grunniens), der in Mittelasien als Hochgebirgsthier nicht unter 8000 Fuss Meereshöhe wild lebt und in Tibet, Nordchina der Mongolei, Songarei, Tartarei etc. als Hausthier, besonders zum Lasttragen und Reiten, gehalten wird, weil er noch bis auf Höhen von 10—16,000 Fuss, wo alle anderen Lastthiere erliegen, brauchbar ist. Der Jak ist ein sehr kurzbeiniges lang gestrecktes, glatthörniges Thier und trägt an der ganzen Unterseite eine so lange schlichte Behaarung, dass die Füsse nur wenig daraus hervorragen und aus den Haaren grobe Gewebe verfertigt werden können. Die im Orient als Hoheitszeichen benutzten „Rossschweife“ sind Jakochsenschwänze.

Eine eigene Gruppe von rinderartigen Thieren sind die Büffel (Bubalus), kenntlich an der Dicke, Wulstung und Querrunzlung der Gehörnbasis und daran, dass die Hörner weiter zurückstehen als bei den echten Rindern und sich an der Wurzel stets nach abwärts und rückwärts wenden. Von den bekannt gewordenen Formen werden einige asiatische Arten als Hausthiere verwendet. Der Arni (Bubalus arni) ist das grösste aller rinderartigen Thiere, da er 2 Meter Höhe und 3 Meter Länge erreicht; er lebt wild in Indien und wird ebendaselbst auch als Zug-, Reit- und Milchvieh verwendet. Auf den ostindischen Inseln lebt ein kleinerer, etwa 2 Meter langer Büffel mit sehr langen dünnen, in flachem Bogen nach rückwärts und auswärts geschwungenen, bis an die Spitze quergerunzelten Hörnern, der Kerabau (Bubalus kerabau), wild und gezähmt, letzteres besonders zum Reiten. Der gemeine Büffel (Bubalus vulgaris), der in Indien noch wild lebt, ist in weit ausgedehnterem Maasse Hausthier geworden als die beiden vorigen Arten, denn er ist als solches einerseits in die Nilländer, andererseits in den Süden und Osten von Europa eingeführt worden, so dass er noch in Italien und Unterungarn recht verbreitet vorkommt. Nach Italien kam er im Jahre 596. Der Büffel hat einen kürzeren breiteren Kopf als alle Rinder, die dick-

wurzligen, im Bogen nach abwärts und rückwärts gekrümmten, an der Basis querrunzligen Hörner stehen auf der Stirne sehr nahe beisammen, die Augen sind auffallend klein und wild, die breiten langen Ohren innen mit langen Haarbüscheln besetzt. Der Hals ist kurz und dick, ohne Kehlwamme, der Widerrist fast höckerartig hoch, der Rücken etwas eingesattelt, das Kreuz abschüssig, die Behaarung fast borstenartig steif und spärlich und an Schulter, Unterhals und Stirn verlängert. Der Büffel wird hauptsächlich in wasserreichen sumpfigen Niederungen als Weidevieh gehalten, da er von Hause aus ein Sumpfbewohner ist, mit den für die echten Rinder ungeniessbaren Sumpfpflanzen, selbst den schlechtesten, sich prächtig nährt und mit seinen breiten Hufen Böden betreten kann, auf denen jedes Rind versinkt. Auch schwimmt er mit grösster Virtuosität und bringt täglich 6—8 Stunden im Wasser zu, schwimmend, tauchend und schlafend. Die Büffelmilch ist viel fetter und concentrirter als die Kuhmilch.

Das Schaf (Ovis aries).

Dieses Hausthier spielt in der Pharmacie eine sehr untergeordnete Rolle, indem nur der aus Netz und Nierenkapsel gewonnene Hammeltalg (Sevum ovillum), der sich sehr wenig vom Rindstalg unterscheidet, von den Apotheken verarbeitet wird, und aus den Schafdärmen Bougies gefertigt werden.

Die Herkunft des Schafes ist noch weniger aufgeklärt als die des Rindes, weil auf dem nach Fossilien am besten durchsuchten Boden Mitteleuropas offenbar keine wilde Schafart gelebt hat und die Zähmung des Schafes ebensowenig auf diesem Boden sich abgewickelt zu haben scheint, obwohl man in den alten Pfahlbauten Reste eines kleinen hochbeinigen ziegenförmigen Schafes findet. Wenn die wilde Stammform des Schafes noch lebt, so kommen das in den Mittelmeerländern wild lebende Moufflon und das mittelasiatische Argali in erster Linie für die bei uns heimischen Schafrassen, für die afrikanischen Hausschafe wohl auch noch das afrikanische Mähnenschaf in Betracht.

Alle diese Wildschafe sind Gebirgsthiere ganz nach Art von Gemse und Steinbock. Das Moufflon (ovis musimon) hat die Grösse eines mittelgrossen Schafes mit kurzer, straffer, anliegender, aber doch dichter Behaarung und kurzer feiner Unterwolle, führt ein geselliges Leben und bewohnt mehrere Mittelmeerinseln (besonders Sardinien und Korsika) und ausserdem Vorderasien bis zum Himalaya in einigen geographisch abweichenden Formen. Das Argali (Ovis argali) ist ein gewaltiges Thier, etwa so gross wie ein jähriges Rind, bis 150 Kilo schwer und sein Gehörn kann allein das Gewicht von 15—25 Kilo erreichen. Es lebt in den

unbewohnten Gegenden der innerasiatischen Hochgebirge. Das afrikanische Mähnenschaf (Ovis tragelaphus), ausgezeichnet durch eine Kehlmähne aus sehr langen schlaffen Haaren und eben-



Mouflon.

solchen Mähnenkränzen an den Vorderbeinen, lebt auf den höchsten Felsengraten der nordafrikanischen Gebirge.

Die Rassenspaltung der Hausschafe ist entschieden noch grösser als die der Hausrinder und namentlich treffen wir zahlreiche höchst

charakteristische geographische Rassen, auf deren Aufführung wir verzichten müssen.

Die Schafe gehören zu den hörnertragenden Widerkäuern und unterscheiden sich von den ihnen sonst sehr nahe stehenden Ziegen durch die grossen Thränengruben, die flache Stirn, den Mangel eines Kinnbartes und die schneckenförmigen, im Querschnitt dreiseitigen Hörner.

Das Schwein (Sus scropha).

Dieses weit verbreitete Hausthier spielt in der Pharmacie durch sein zur Salbenbereitung ausserordentlich geeignetes Fett (Adeps suillus = Axungia porci) eine wichtige Rolle. Seine Weichheit verdankt dieses Fett seinem grossen Gehalt an Olein (ca. 60 %), die Hauptmasse des Restes ist Stearin. Ausserdem ist nur noch zu erwähnen, dass man auch den Magen des Schweins zur Pepsingewinnung verwenden kann, allein wegen des innigen Parasitenverkehrs zwischen Mensch und Schwein (siehe später) ist hierbei viel grössere Vorsicht nöthig als beim Rind.

Das Hausschwein steht unter allen Umständen im Abstammungsverhältniss zu unserm Wildschwein (Sus scropha). Wenn man, wie fast allgemein geschieht, die in Indien und China ursprünglich heimischen, auch nach Europa übersiedelten Hausschweine für Abkömmlinge einer eigenen Art, des Sus indicus, ansieht, so scheint mir das nicht nothwendig zu sein, da die Unterschiede des Schädelbaues durchaus derart sind, dass sie einfache Domestikationswirkung sein können, die beim indischen Schweine nur einen höheren Grad erreicht hat.

Das Schwein gehört zu den Vielhufern, bei denen die zwei mittleren Zehen stärker entwickelt sind als die seitlichen. Im Bau seines Verdauungsapparates stimmt es mit dem Menschen in vielen Punkten sehr überein, was aus der Aehnlichkeit der Nahrung hervorgeht, die auch aus thierischen und pflanzlichen Stoffen besteht. Sein Gebiss ist ausgezeichnet durch die eigenthümlich gestalteten, bei den Ebern, besonders den wilden, enorm entwickelten, aus der Mundspalte hervorragenden Eckzähne (Hauer).

Das Wildschwein haust mit Vorliebe, soweit es der Mensch nicht daran hindert, auf nassem morastigem Boden, den ein dicker Pflanzenwuchs, sei es Wald- oder Graswuchs, bedeckt. Es kann Wasser zum Saufen und Suhlen nicht entbehren und da es seine Nahrung hauptsächlich aus der Erde wühlt, so meidet es den harten ausgetrockneten, flachgründigen Boden. Aus dem Pflanzenreich frisst es Wurzeln, saftige Kräuter, Feld- und Baumfrüchte, Zwiebelgewächse, Pilze etc., aus dem Thierreich allerlei im Boden lebende Larven, Würmer, Schnecken, Amphibien, Mäuse,

selbst Fische, und geht mit Vorliebe an Aas. Um zu ihrer im Boden befindlichen Nahrung zu gelangen, furchen die Wildschweine das Erdreich mit der feinfühligen Schnauze und den Hauern auf, was der Jäger „brechen“ nennt. Dieser Ernährungsweise halber und weil sie dabei weit mehr verwüsten, als sie zu ihrer Nahrung brauchen, sind sie mit der Landwirthschaft und dem Forstbetriebe unverträglich und in den cultivirteren Gegenden theils ganz ausgerottet, theils auf Parke beschränkt. Am häufigsten sind sie noch in Nordafrika, dann in Osteuropa und Asien bis an dessen Ostgrenze; in Deutschland halten sie sich nur noch in einzelnen Mittelgebirgsstöcken auf. Sie leben rudelweise und nur die alten Keuler gehen ausser der Fortpflanzungszeit einzeln. Bei Tage liegen sie im Kessel, einer selbst ausgewühlten Grube, die Nacht ist ihre Fresszeit. Die Brunftzeit beginnt Ende November, wobei es heftige Kämpfe zwischen den Keulern absetzt. Nach 18 bis 20 Wochen setzt die Bache 4—12 Frischlinge, die sie sorgfältig führt und vertheidigt.

Der Hauptunterschied der domestizirten und wilden Schweine beruht auf der Verkümmerung des Schnauzentheils in Folge Wegfalls der Wühlarbeit. Hierdurch bleibt die Schnauze nicht nur kürzer, sondern es ändert sich auch der Winkel, unter dem sie dem Schädel aufsitzt: bei dem wilden Schwein laufen Stirn und Nase in einer Flucht, beim zahmen sind sie durch einen einspringenden Winkel geschieden. Dies kann so weit gehen, dass die Zähne der beiden Kiefer gar nicht mehr zusammenpassen. Bei Weideschweinen ist dieser Unterschied viel geringer als bei ausschliesslicher Stallzucht. Weiter haben die zahmen Schweine kürzere Beine und minder dichte Behaarung.

Das Pferd (Equus caballus).

Das Pferd verdient neuerdings gleichfalls eine Stelle in einer pharmaceutischen Zoologie, da man in dem Kumys, d. h. der gegohrenen Stutenmilch, ein treffliches diätetisches Heilmittel kennen gelernt hat. Die Kumysbereitung ist seit lange bei den Tartarischen Stämmen der asiatischen Steppen in Gebrauch, welche ihre Pferde nicht zur Arbeit benutzen, sondern nur als Milch- und Schlachtvieh. Sie trinken die Milch nie frisch, sondern eben nur in dem gegohrenen Zustande als Kumys, der als stark berauschendes Getränk den betreffenden Völkern den Wein ersetzt. Nach einer Analyse von Hartier enthält der Kumys in frischem Zustande in 100 Theilen: 1,65 Alkohol, 2,05 Fett, 2,20 Milchzucker, 1,15 Milchsäure, 1,12 fein vertheiltes Casein, 0,28 Salze und 0,75 Kohlensäure. In altem Kumys fand derselbe 1,86 Kohlensäure, 3,23 Alkohol, 1,01 Fett, 2,92 Milchsäure und 1,21 Salze sammt Casein.

Der Kumys sieht milchweiss aus, hat einen angenehmen säuerlichen prickelnden Geschmack mit süssmandelartigem Nachgeschmack und einen säuerlichen eigenthümlichen Geruch; dem Trinken folgt Aufstossen von Kohlensäure.

Der Kumys wirkt im Allgemeinen roborirend, harntreibend, etwas stimulirend, ernährend, namentlich die Fettbildung befördernd, in grösseren Dosen berauschend. Neuerdings giebt es eigene Kumys-Kuranstalten, welche von anämischen Personen (infolge Chlorose, Phthisis, Scorbut, Blutverlusten, profusen Eiterungen etc.) und von solchen, die mit Magen- und Darmkatarrhen behaftet sind, mit Erfolg gebraucht werden.

Die Zähmung des Pferdes ist eine sehr alte und reicht weit vor die beglaubigte Geschichte zurück. Man kennt gezähmte Pferde aus den Schweizer Pfahlbauten und in Südfrankreich kennt man es als wildes Jagdthier prähistorischer Völker. Ob es in seinem Urzustande jetzt noch wild vorkommt, ist nicht ganz sicher. Das Auftreten von schwarzen Zeichnungen, das man als Rückschlag deutet, weist auf einen schwarzgezeichneten Stammvater hin; andererseits sind die unter dem Namen „Tarpan" in Centralasien wild lebenden Pferde bis auf Mähne und Schwanz einförmig braun oder fahlbraun, im Winter fast weiss. Die Tarpans leben heerdenweise in der Gegend zwischen dem Aralsee und den asiatischen Hochgebirgen, in allen mongolischen Steppen, der Wüste Gobi, in den Wäldern des oberen Hoangho und den Gebirgen Nordindiens, wo sie Schlagintweit noch 18,000 Fuss über dem Meere antraf. Sie gelten für ungemein scheu und schwierig zu jagen, sowie für unbezähmbar. Die Heerde wird von einem alten Hengste geführt und gegen Angriffe von den Hengsten muthig vertheidigt. Die dortigen Einwohner jagen sie theils ihres Fleisches wegen, theils desshalb, weil sie ihnen ihre zahmen Pferde entführen. Ob der Tarpan eine wilde Urrasse oder ein wieder verwildertes Thier oder eine nie gezähmte eigene Rasse ist, steht nicht fest.

Der Pottwal (Physeter macrocephalus).

Zweierlei pharmaceutische Stoffe stammen von diesem riesigen Seesäugethier: der Walrath (Sperma ceti) und die Ambra. Der Walrath wird an mehreren Stellen des Körpers gefunden. Die wichtigste ist der Kopf: unter einer mehrere Zoll dicken Specklage auf der Oberseite des Kopfes stösst man auf Lagen sehr fester Sehnen, welche die Decke einer grossen Walrathkammer bilden. Diese ist durch eine senkrechte, jedoch mit mehrfachen Oeffnungen versehene Scheidewand in zwei Hälften getheilt. Entfernt man den Boden dieser Kammer, so kommt man auf eine zweite Walrathkammer von riesigem Umfange, der am besten

daraus erhellt, dass im Kopfe eines bei Lymkils gestrandeten Pottwals 4 Männer standen und den Walrath herausschaufelten. Ausser diesen Hauptbehältern läuft vom Kopf bis zum Schwanz eine vorn schenkeldicke, allmählig bis zu Fingerdicke sich mindernde Walrathader und im Muskelfleisch liegen noch zahlreiche kleinere Walrathsäcke zerstreut. Die Gesammtmasse des Walraths kann bis zu 5000 Kilo betragen.

Der rohe Walrath ist, solange das Thier noch warm ist, eine ölige helle, fast farblose Flüssigkeit, die beim Erkalten gerinnt. d. h. sich in eine erstarrende Masse, den eigentlichen Walrath, und eine flüssige, das Walrathöl, sondert. Der feste Theil ist jedoch immer noch von kleineren Mengen Oel durchsetzt und wird dadurch gereinigt, dass man ihn mit Wasser abwäscht, schmilzt, colirt, nach dem Erkalten presst, mit verdünnter Kalilauge behandelt, wieder abwäscht und noch einmal schmilzt. Der so gereinigte Walrath ist weiss, perlmutterglänzend, blättrig krystallinisch, halb durchsichtig, schlüpfrig und fettig anzufühlen, hat 0,943 spezifisches Gewicht, schmilzt bei 44,5° C., brennt mit Hülfe eines Dochtes mit glänzender, leuchtender Flamme und destillirt bei 360° C. grösstentheils unverkohlt über. Er löst sich leicht in Aether, macht geschmolzen auf Zeuge keine Fettflecke, sondern lässt sich als Pulver wieder daraus ausreiben. Seiner Hauptsache nach ist der Walrath palmitinsaurer Cethyläther. Seine Hauptverwendung findet er bei der Kerzenfabrikation, in der Medizin wird er nur noch äusserlich zu erweichenden Pflastern und Salben gebraucht.

Der zweite Stoff, den der Pottwal liefert, ist die Ambra (oder der Amber), die deshalb lange ein räthselhaftes Gebilde war, weil die grösste Menge der in den Handel kommenden Ambra entweder auf dem Meere aufgefischt oder an den Küsten aufgelesen wird. Erst im Jahre 1724 erkannte man, dass sie vom Pottwal stamme, allein da sie die Einen im Darm, die Andern in einem Sack hinter dem Rachen, wieder Andere in der Harnblase gefunden haben wollen, so ist das Räthsel noch keineswegs ganz gelöst. Wenn die Ambra ein Harnstein ist, so begreift man nicht, wie sie so leicht ins Freie gelangen kann und doch ist dieser Fundort am positivsten angegeben; die Blase soll mit einer ölartigen Flüssigkeit angefüllt sein, in der zuweilen kuglige Klumpen von 6—10 Kilo schwimmen. Ein regelmässiges Vorkommen (wie z. B. der Moschus beim Moschusthier etc.) ist die Ambra jedenfalls nicht, sondern als pathologisches Concrement (Harn- oder Gallenstein) anzusehen. Die Ambra bildet unregelmässige rundliche oder eckige dichte, wachsähnlich fettige, etwas zähe, leicht zerdrückbare Massen von 0,908—0,920 spezifischem Gewicht, wird schon in der warmen Hand knetbar, schmilzt noch unter 100° C. zu einer öligen Flüssig-

keit und verdampft dann mit einem allmählig stechend sauer und brenzlich werdenden Geruch. In kochendem Alkohol löst sie sich bis auf einen geringen schwarzbraunen Rückstand; die Lösung sondert eine zarte, aus weissen glänzenden Nadeln bestehende Masse ab. Diese letztere ist das Ambrafett oder Ambraïn, ein dem Gallenfett ähnliches, nicht verseifbares Fett unbekannter Constitution, das eigenthümlich, schwach gewürzhaft, an Benzoë, Moschus und feinen Tabak erinnernd, riecht. Früher stand die Ambra als Arzneimittel in ziemlich hohem Ansehen und soll ähnlich wirken wie Castoreum und Moschus, gegenwärtig ist sie nahezu obsolet geworden und hauptsächlich noch als Räuchermittel in Gebrauch.

Der Pottwal oder Pottfisch gehört zu den Cetaceen oder Fischsäugethieren und steht dadurch, dass seine Kiefer bezahnt sind, den Delphinen näher als den Bartwalen. Von den Delphinen unterscheidet ihn, ausser der ungeheuren Grösse und plumpen Gestalt, die ungewöhnliche Auftreibung des Vorderkopfes, die durch die Walrathkammern bedingt ist, und die Lage des Sförmigen Spritzloches ganz vorn am Schnauzenrand.

Der Pottwal ist wohl das ungeschlachtetste Thier der Welt, da er dem Walfisch an Grösse kaum nachsteht, dabei aber noch plumper und unförmiger ist. Der Kopf beträgt allein $^1/_3$ der Körperlänge und das Körpergewicht kann 50,000 Kilo erreichen. Die Zoologen haben sich bemüht, einige Arten zu unterscheiden, allein nicht mit Erfolg, und so kann man den Pottwal als Weltbürger ansehen, der alle Meere der Erde bewohnt, jedoch in der südlichen Erdhälfte entschieden häufiger ist als in der nördlichen. Die Nähe der Küsten, besonders seichter Küsten, meidet er und hält sich auf offener See gewöhnlich truppweise, öfters in Heerden zu Hunderten an den tiefsten Stellen auf. Die Heerde wird von einem grossen alten Männchen angeführt und beschützt. Blos wenn sie schlafen, sieht man sie bewegungslos auf der Wasseroberfläche liegen, sonst sind sie immer unruhig. Beim bedächtigen Schwimmen ziehen sie dicht unter dem Meeresspiegel, bei schnellerem sind die Schwanzschläge so energisch, dass der Kopf bald tief untersinkt, bald hoch emportaucht und dabei jagen sie mit mehr als Dampfschiffgeschwindigkeit durch die Fluthen, dass das Wasser weithin sich verbreitende Wellen wirft. Oefter stellen sie sich senkrecht in das Wasser, bald den Schwanz, bald den felsblockartigen Kopf herausreckend, schnellen sich auch manchmal ganz aus dem Wasser heraus. Beim Schwimmen ordnen sie sich in eine Reihe hinter einander, tauchen zu gleicher Zeit auf und nieder, blasen zugleich ihre Wassersäulen in die Luft und verschwinden fast im gleichen Augenblick unter den Fluthen. Hier können sie 20 Minuten, ja sogar noch länger aushalten, dann athmen sie an der Oberfläche etwa 30—60 Mal nach einander in

Intervallen von 10—15 Sekunden unter so eigenthümlichem Geräusch, dass die Walfänger sie schon daran von andern Walen unterscheiden. Die Nahrung des Pottwales bilden hauptsächlich Tintenfische, wobei natürlich auch manchmal ein anderer kleiner Fisch mit verschluckt wird; dass er auch Haifische, Delphine, Seehunde etc. verschlinge, wie von älteren Schriftstellern behauptet wird, findet in neueren Beobachtungen keine Stütze, dagegen hat man Baumfrüchte, wie sie die Flüsse ins Meer führen, in seinem Magen gefunden. Die Fortpflanzung scheint an keine bestimmte Jahreszeit gebunden zu sein, da man zu allen Zeiten Säuglinge antrifft. In der Regel wird nur ein Junges zur Welt gebracht das etwa 4 Meter lang ist und mit der Mutter schwimmt. Beim Säugen soll sich die Mutter auf die Seite legen und das Junge die Zitze mit dem Mundwinkel fassen.

Der Pottwal ist viel muthiger und streitbarer als alle andern Wale und geht öfters sogar ohne Veranlassung angreifend selbst gegen grosse Schiffe vor, so dass mehrere Fälle bekannt geworden sind, wo solchen von ihnen durch Anlauf die Rippen eingestossen worden sind und das Schiff sank. Bei einem derartigen Uebelthäter, der später gefangen wurde, ragten aus einer fürchterlichen Wunde grosse Stücke von Schiffsplanken hervor. Die Jagd auf sie, die hauptsächlich von den Amerikanern betrieben wird, ist deshalb auch viel gefährlicher. Ausser den obengenannten Produkten liefert der Pottwal noch Thran wie alle anderen Wale, auch werden seine harten schweren Zähne verwendet, die dem Elfenbein nur in der Farbe nachstehen.

Das Haushuhn (Gallus domesticus).

Von diesem nützlichen Hausgeflügel kommen in den Apotheken die Eier in Verwendung und zwar alle drei Bestandtheile derselben.

Ueber den Bau des Eies gilt Folgendes. Der lebenswichtigste Theil ist die im Centrum desselben liegende Dotterkugel. An derselben bemerkt man obenauf eine kleine weissliche Scheibe, den sogenannten „Hahnentritt“, dessen Anwesenheit jedoch nicht ein Zeichen für die Befruchtung ist, wie man häufig annimmt, da er sich auch bei unbefruchteten Eiern findet. Dagegen ist er die Stelle, an der sich das junge Hühnchen entwickelt. Untersucht man die Dotterkugel näher, so ergeben sich zweierlei Bestandtheile: der weisse und der gelbe Dotter. Letzterer, der aus grossen gelben, sehr fetthaltigen Zellen besteht, bildet die Hauptmasse; der weisse, aus kleineren Zellen zusammengesetzte Dotter formirt einmal den sogenannten Hahnentritt, erstreckt sich

dann in Form eines dünneren Stranges senkrecht abwärts und erweitert sich im Centrum der Dotterkugel flaschenförmig. In der Mitte des als Hahnentritt bezeichneten scheibenförmigen Abschnittes des weissen Dotters befindet sich dicht unter der Oberfläche, schon mit blossem Auge als eine durchscheinende Stelle erkennbar, die Keimhöhle, die mit einzelnen Zellen und einer Flüssigkeit erfüllt ist. Durch Vermehrung dieser Zellen bildet sich innerhalb der Keimhöhle die erste Anlage des Embryo. Zusammengehalten wird die Dotterkugel durch ein feines Häutchen.

Das Weisse des Eies besteht aus mehrfachen concentrischen Lagen, von denen die innerste die festeste ist. An den beiden Polen des Eies laufen alle diese Lagen je in einen eigenthümlich korkzieherartig gewundenen, ziemlich festen, etwas milchig getrübten Strang, die sogenannte Hagelschnur, aus, der fest an der gelben Dotterkugel hängt. Er entsteht dadurch, dass das Ei beim Fortrücken durch den Eileiter drehende Bewegungen ausführt und so die Eiweissschichten, besonders die innerste festeste, an beiden Polen zusammengewirbelt werden. Das Eiweiss ist nicht eine einfache Flüssigkeit, sondern besteht aus einer grossen Zahl dünnwandiger, lose mit einander verbundener Säckchen, die in ihrem Innern eine Albuminlösung enthalten. Wenn man das Eiweiss mit Wasser zusammenrührt, so lösen sich diese Säckchen von einander los und schwimmen als erbsen- bis bohnengrosse Gebilde umher, bis sie, durch Exosmose ihres Inhaltes beraubt, nur noch weissliche Flocken darstellen.

Dem Eiweiss liegt die Lederhaut des Eies, die aus festgewordenem Eiweiss besteht, als eine elastische, durchscheinende, ziemlich feste Haut dicht an und auf sie folgt nach aussen die harte Kalkschale (die bei Windeiern fehlt), die von zahlreichen Poren durchsetzt ist. Zwischen Kalkschale und Lederhaut befindet sich an einer Stelle, meist am stumpfen Ende, ein linsenförmiger, mit Luft gefüllter Raum, die Luftkammer.

Ueber die chemische Zusammensetzung der Eibestandtheile gilt Folgendes:

Die Eischalen enthalten 89,6 Theile kohlensauren Kalk, 5,7 Theile phosphorsauren Kalk mit Spuren von den entsprechenden Magnesiasalzen und 4,7 Theile organischer, schwefel- und stickstoffhaltiger Bindemittel, die durch Glühen beseitigt werden können. Der Rest sind die Testae ovorum calcaratae.

Das Eiweiss ist im Wesentlichen eine Lösung von 12 bis 14 Theilen Eieralbumin in 88—86 Theilen Wasser mit Spuren von Kochsalz, Traubenzucker und einem eigenen Extraktivstoff.

Das Eigelb ist eine sehr complizirte Substanz. Neben ca. 51,5 Theilen Wasser finden sich als wichtigster Bestandtheil ca. 15—16 Theile eines Albuminats, dem man früher den Namen

Vitellin gab, bis Lehmann nachwies, dass es ein Gemenge von ca. 14 Theilen Caseïn und 4 Theilen Albumin sei. Dazu kommen etwa 21 % Elain und Palmitin und geringere Mengen von Cholestearin, dem stark phosphorhaltigen Lecithin, dem phosphorlosen Cerebrin, Zucker und einem eisenhaltigen Farbstoff, endlich 1,5% Mineralbestandtheile (phosphorsaurer Kalk, Chlornatrium, Chlorkalium und schwefelsaures Kali).

Die Eier sind ein äusserst zuträgliches Nahrungsmittel, allein ihre Verdaulichkeit kann durch die Behandlung sehr alterirt werden, indem hartgesottene Eier weit schwerer verdaut werden, als das rohe Ei, welches letztere man deshalb auch in der ärztlichen Diätetik allein anwendet. Noch zweckmässiger ist aber folgendes Verfahren: das Eigelb wird für sich allein roh genommen: das Eiweiss rührt man mit kaltem Wasser (3—5 Eiweiss auf ½ Liter) so lange, bis vom Eiweiss nur noch leere weisse Flocken übrig sind, filtrirt die Flüssigkeit durch ein Tuch und trinkt nun das eine reine Eiweisslösung bildende Eiweisswasser allein oder mit entsprechenden Geschmackscorrigentien kalt oder lau: die Erwärmung darf aber nie bis zur Gerinnung gesteigert werden. Das Eiweisswasser ist die am leichtesten zu verdauende Albuminatnahrung und leistet in Consumptionskrankheiten, bei Reconvalescenten und Ernährungsstörungen vorzügliche Dienste. Das rohe Eiweiss ist dagegen ziemlich schwer verdaulich.

Eine weitere Anwendung findet das Eiweisswasser bei Metallvergiftungen, besonders bei solchen mit Sublimat. Das Eigelb ist neben seiner ernährenden Eigenschaft ein gutes Hausmittel bei Heiserkeit und Katarrhen der Luftwege und bildet in den Apotheken ein Hauptconstituens bei der Bereitung von Emulsionen.

Früher wurden noch allerlei Bestandtheile der Hühner in den Apotheken verbraucht, z. B. Gehirn, Federn, Kämme, Hoden etc. allein mit Recht sind diese auf Aberglauben beruhenden Mittel obsolet geworden.

Das Haushuhn stammt, wie jetzt ziemlich zweifellos festgestellt ist, von dem indischen Bankivahuhn, Kasintu der Malayen (Gallus bankiva) ab, mit welchem unser schwarzbrüstiges rothes Kampfhuhn noch am meisten übereinstimmt, nur dass die wilde Art kleiner ist und den Schwanz gesenkter trägt. Dieses Wildhuhn ist in Mittelindien selten, im Osten der Halbinsel und im nördlichen Hügellande sehr häufig; es erstreckt sich im Norden bis zur Südgrenze von Kaschmir, nach Osten bis Südwestchina, nach Westen bis zum Rhatgebirge und südlich bis Java. Sein Aufenthalt sind die dichten Wälder und Dschungeln, deren Dickicht es nur am frühen Morgen verlässt, um auf lichten Stellen Sämereien und Insekten aufzupicken, von letzteren besonders die Termiten. Sehr gern besuchen die Wildhühner auch die durch den

Wald führenden Strassen und Saumpfade, um im Koth der Lastthiere nach Insekten und unverdauten Körnern zu suchen. Im Dickicht halten sie sich meist auf dem Boden, bäumen aber auf, sobald sie aufgescheucht werden, wie der Fasan. Wie beim Haushuhn kräht der Hahn in der Morgenfrühe fleissig und kämpft mit seinen Rivalen so erbittert als möglich. Die Henne legt im Juni oder Juli 8—12 milchweisse Eier auf zusammengescharrtes Gras und führt ihre Jungen allein. Diese Wildhühner sind sehr intelligent und scheu und deshalb sowie wegen ihrer versteckten Lebensweise schwer zu jagen.

Die Zähmung des Huhns ist schon sehr alt. Die älteste Nachricht ist die, dass es im Jahr 1400 vor Christi Geburt aus dem Westen nach China eingeführt worden sei. Nach Europa ist es gleichfalls lange vor Beginn unserer Zeitrechnung gekommen, da schon die ältesten griechischen und hebräischen Schriftsteller von ihm sprechen, die ersteren als von einem persischen Vogel, womit wohl die Richtung der Einwanderung angedeutet ist. Jetzt ist es fast über die ganze von Menschen bewohnte Erde durch den Menschen verbreitet worden. Zur Verwilderung hat es sehr wenig Neigung, wenn aber Brehm sagt, dass es überhaupt nicht verwildere, so ist das nicht richtig, da mir selbst ein derartiger Fall bekannt ist. Man setzte absichtlich Hühner in einem Fasangehege aus, dieselben vermehrten sich, verjagten die Fasanen und konnten nur äusserst schwierig wieder vertilgt werden, da sie sehr scheu wurden.

Seit seiner Zähmung ist das Haushuhn in zahlreiche Rassen gespalten worden, von denen auch nur die wichtigsten aufzuzählen uns zu weit führen würde. Es soll nur gesagt werden, dass vorzugsweise die unbewusst und bewusst geübte Zuchtwahl des Menschen, zum Theil auch die Differenz der klimatischen Einflüsse alle diese Verschiedenheiten veranlasst, beziehungsweise gefestigt haben und dass es durchaus unzulässig ist, für die grossen Rassenverschiedenheiten auf verschiedene Stammarten zu rekurriren. Es giebt allerdings heute noch mindestens drei andere nahe verwandte Wildhuhnarten in Südasien, allein während das Bankivahuhn mit unseren Haushühnern heute noch fruchtbare Junge erzeugt, liefern alle anderen mit ihm nur unfruchtbare Bastarde.

Unter allen den Hühnerrassen, die der Mensch produzirt hat ist das gemeine Bauernhuhn immer noch das nützlichste, da es am emsigsten in der Aufsuchung der natürlichen im Umkreise seiner Wohnung sich findenden Nahrung ist, während die hochgezüchteten Kunstrassen fast ganz mit vorgeworfenem Futter genährt werden müssen. Da für das Gedeihen des Huhns gemischte, d. h. aus Körnern und Insekten oder Gewürm bestehende Nahrung die zuträglichste ist, so sind auch die fast nur mit Körnern ge-

fütterten Kunstrassen mehr den Krankheiten ausgesetzt, als die freilaufenden Bauernhühner.

Die Hausgans (Anser domesticus).

Die Hausgans kommt hier eigentlich nur mit ihrem Schmalz in Betracht (Axungia anseris), einem farblosen butterartigen körnigen Fett, welches bei 28 ° C. schmilzt und aus ca. 68 % Elain im Rest aus Stearin und Margarin mit wenig Butyrin und Capronin besteht. Spezifische Wirkungen können ihm jedoch nicht zugeschrieben werden, weshalb man es überall durch Schweineschmalz ersetzen kann. Das Gleiche gilt von dem Entenfett, welches 72% Elain enthält und deshalb schon bei 25° C. schmilzt.

Die Hausgans stammt von unserer wilden Graugans (Anser cinereus), die in Europa und Asien etwa zwischen dem 45. und 70. Breitegrade alle minder bevölkerten grösseren Sumpf- und Seengebiete als Brutvogel bewohnt und sich leicht mit unserer Hausgans mischt. Von den Winters bei uns erscheinenden Zuggänsen, die mit unserer Hausgans nichts zu thun haben, unterscheidet sie die bedeutendere Grösse und die Farbe von Schnabel und Füssen. Diese sind bei der Graugans, gerade so wie bei der Hausgans, einfarbig röthlich, während die Schneegänse gelbe Grundfarbe und am Schnabel schwarze Zeichnungen haben. Weiter ist die Graugans bei uns Brutvogel und zieht im Winter nach Süden, lange ehe die Schneegänse bei uns erscheinen.

Auch die Zähmung der Gans ist sehr alt, da sie schon von Homer erwähnt wird, hat sich aber auf die Erzeugung nur geringer Abweichungen beschränkt, was zwar auf einen gewissen Mangel an Bildsamkeit hinweist, allein wohl hauptsächlich dem Umstand zuzuschreiben ist, dass bei diesem Thier die Liebhaberei nicht in dem Maasse divergirend gewirkt hat wie bei Huhn und Taube.

Die Schellfische (Gadidae).

Unter den Arzneistoffen, die uns die Klasse der Fische liefert, stehen die Fischöle obenan und unter diesen wieder der Leberthran, den man aus den Lebern der Gadusarten gewinnt. Die andern Fischöle kommen ihm gegenüber deshalb kaum in Betracht, weil die betreffenden Fische viel zu wenig häufig sind, um eine rationelle Gewinnung zu gestatten. Dies gilt am meisten von dem ölig dickflüssigen Fett der Aesche (Axungia aschiae s. asciae), denn die nur in den obersten Theilen der Flussgebiete lebende, zu den forellenartigen Fischen gehörige Aesche (Thymallus vulgaris) ist an vielen Orten ganz ausgerottet und nirgends in Menge

zu gewinnen. Eher ist noch das Rochenöl (Oleum rajae) zu erwähnen, das man von mehreren der zu den Knorpelfischen gehörigen Rochenarten gewinnt, so von dem Baumrochen (Raja batis), dem Stechrochen (R. pastinaca) und dem Nagelrochen (R. clavata), denn diese Meerfische sind jedenfalls viel häufiger als die Aesche, allein nicht entfernt so massenhaft wie die Gadusarten und ihre kleinen Lebern liefern nur etwa 25 Gramm Oel.

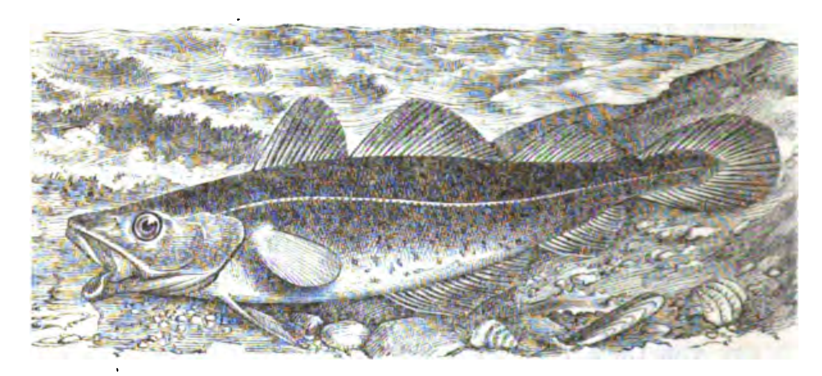
Das Wesentliche des Leberthrans ist nach den neueren Untersuchungen, dass das Oel in ihnen mit Gallebestandtheilen gemischt ist. Das Oel ist der Hauptsache nach Elain mit 1/7 Margarin. Die wichtigen Gallenbestandtheile (Gallensäuren und Gallenfarbstoffe) wechseln je nach der Sorte. Der ganz helle, sogenannte hellblanke Leberthran enthält nur ca. 3 pro Mille davon, der braunblanke (madeirafarbige) ca. 5 pro Mille und der dunkelbraune fast 12 pro Mille. Die Asche enthält neben schwefelsauren und phosphorsauren Salzen noch wechselnde Mengen von Jod und Brom, die man früher als die eigentlich wirksamen Bestandtheile ansah, was sich aber jetzt als irrig herausstellt. Naumann's Untersuchungen haben Folgendes nachgewiesen:

Der Leberthran besitzt in erster Linie eine viel grössere Fähigkeit, thierische Membranen zu durchdringen, als andere Oele. Diese Fähigkeit verdankt er der Beimischung von Galle, auf deren bezügliche Wirksamkeit schon pag. 116 hingewiesen ist, und die weiteren Versuche ergaben, dass andere Oele durch künstlichen Beisatz von Galle ebenfalls diese höhere Diffusibilität gewinnen. Die Sache wurde auch durch Versuche an Thieren erhärtet, denen man den Gallengang unterband: solange sie mit Leberthran gefüttert wurden, blieben die sonst aus dem Mangel des Gallenzuflusses resultirenden Folgen aus. Weiter ergaben die Versuche, dass der Leberthran leichter oxydirbar ist als andere Oele und somit zwei Vortheile in sich vereinigt: er wird vom Darm leichter aufgenommen und, in die Blutmasse gelangt, leichter verbrannt. Darauf beruht nun seine medicinische Wirkung in den constitutionellen Erkrankungen, welche eine intensive Zufuhr von leicht oxydabeln Mitteln beanspruchen, hauptsächlich bei der Scrophulose und Tuberkulose sowie bei einigen Hautkrankheiten. Endlich geht daraus hervor, dass die dunkeln, d. h. gallenreichen Sorten medicinisch wirksamer sind als die gallenarmen hellen.

Die Schellfische (Gadidae), deren Arten den Leberthran liefern, bilden mit den Plattfischen eine eigene Familie, die dadurch gekennzeichnet ist, dass ihre Flossen nur weiche Strahlen haben, ihre Schwimmblase aber, wie bei den stachelflossigen Fischen, keinen Ausführungsgang in den Schlund hat und die untern Schlundknochen stets getrennt sind. Von den Plattfischen unterscheidet

sie ihr symmetrischer Körper und der gestreckte Bau; die Bauchflossen stehen an der Kehle. Man zerfällt sie in vier Gattungen: die Weichfische (Morrhua) haben einen Bartfaden am Kinn, die Merlane (Merlangus) nicht, und während die beiden vorstehenden Gattungen drei Rückenflossen besitzen, haben die grossschuppigen Meerhechte (Merlucius) und die kleinschuppigen Quappen (Lota) deren nur zwei.

Als Leberthranerzeuger kommen der Masse nach besonders zwei einander sehr ähnliche, als geographisch vikarirende Rassen anzusehende Formen in Betracht: der Kabeljau (Morrhua vulgaris, Gadus morrhua), welcher vom 40. bis 70. Grad Nordbreite das Atlantische Meer bewohnt, und der Dorsch (Morrhua



Kabeljau.

callarias), der fast ganz auf die Ostsee beschränkt ist. Die andern Arten kommen deshalb weniger in Betracht, weil sie entweder zu klein sind, z. B. der gemeine Wittling (Merlangus vulgaris), der Zwergdorsch (Morrhua minuta) und der Sey (Gadus virens), oder weil sie theils nicht so massenhaft erscheinen, theils in ihrer Verbreitung beschränkter sind, wie der Köhler (Merlangus carbonarius), der Pollak (Merlangus pollachius) und der Leng (Lota molva).

Alle diese Fische sind gefrässige Raubthiere, die sich theils von andern Fischen, theils von pelagischen Tintenfischen, Krebsthieren und festsitzenden Seethieren nähren; die grösseren Arten erreichen eine Länge von 1 — 1,6 Meter und ein Gewicht bis 40 Kilogramm. Die meisten Arten, insbesondere Dorsch und Kabeljau, bewohnen den grössten Theil des Jahres die tiefsten Seegründe und entziehen sich natürlich hier der Beobachtung; allein zu bestimmten Jahreszeiten erscheinen sie nach der Manier aller dieser Grundfische „bergehoch“ auf den seichteren Meeres-

stellen, d. h. am liebsten auf Stellen von 25—50 Faden Tiefe, um das Laichgeschäft auszuüben. Nach früheren Angaben sollen sie die Eier an feste Gegenstände des Seebodens anheften, nach neueren dagegen auf der Oberfläche des Wassers schwimmen lassen. Berühmt als die Sammelplätze des Kabeljau sind die Neufundlandbank, die der Küste von Canada vorliegt, die Lofodden an der norwegischen Küste und die England vorliegende Rockallbank, die Faröer- und Shetlandinseln. Die Erscheinungszeit ist diesseits und jenseits des Atlantischen Oceans nicht die gleiche. An der europäischen Küste, insbesondere bei den Lofodden, wo der Hauptfang stattfindet, beginnt die Anwanderung in Mitte des Winters, im Januar, und mit Frühlingsanfang ist der Fang beendet. Auf die Neufundlandbank dagegen kommen die Fische erst im Mai und Juni.

Zur Fangzeit beleben sich nun die betreffenden Meeresstriche und Küsten mit zahllosen Schiffen, namentlich an der Neufundlandbank, wo man jährlich ca. 3000 amerikanische, 2000 englische, 1000 französische und 600 niederländische Schiffe mit einer Bemannung von rund 100,000 Mann zählen kann. Die Lofodden, senkrechte Felsinseln von 2—3000 Fuss Höhe, die von zahllosen Klippen und Schären umgeben sind, sind den Sommer über fast nur von den zahllosen Seevögeln bewohnt, während nach Weihnachten sich so viele Menschen dort ansiedeln, dass die angelegten Gehöfte sie nicht entfernt zu fassen vermögen. Im Jahre 1861 wurden auf den Lofodden von 20,000 Mann mit 5000 Fahrzeugen ca. 20 Millionen Fische gefangen. Noch weit beträchtlicher ist die Masse der an der Neufundlandbank erbeuteten, die schon Anfang dieses Jahrhunderts auf 300 Millionen Stück sich belief. Trotz dieser ungeheuern Vertilgung, an welcher sich die grossen Seeraubthiere, die Haifische, oft in sehr wirksamer Weise betheiligen, hat man im grossen Ganzen noch keine Abnahme empfunden, was nur in der ganz unglaublichen Vermehrungsfähigkeit dieser Fische seine Erklärung findet, denn ein einziger Fisch besitzt mehr als vier Millionen Eier. An den Laichplätzen halten sich die Fische mehr in der Tiefe, weshalb der Hauptfang mit einer ca. 2000 Meter langen Grundleine betrieben wird, an welcher ca. 1200 Angelschnüre von 2 Meter Länge hängen. Die Angeln sind mit Tintenschnecken oder Kapelanen geködert, welche beiden Thiere zu dieser Zeit eine Hauptnahrung für die gefrässigen Schellfische der Neufundlandbank abgeben. Der K a p e l a n ist ein höchstens handlanges, zu den Lachsarten gehöriges Fischchen des nördlichen Eismeeres, das vom März an in fabelhaften Schwärmen erscheint, denn man sieht Züge von fünfzig englischen Meilen Breite und Länge und kann sie millionenweise mit kurzen Hamen aus dem Meere schöpfen. Sie werden entweder frisch als Köder verwendet oder eingesalzen und getrocknet für die nächste Fangzeit aufbewahrt.

Unter den Tintenschnecken spielt besonders Ommastrephes sagittatus die Hauptrolle, der nach Abzug der Kapelane in ungeheuren Schwärmen den Schauplatz betritt. In Ermangelung dieser Köder benutzt man die Eingeweide der gefangenen Kabeljaus.

Die Grundleine bleibt etwa 6 Stunden liegen und während dieser Zeit angeln die Leute aus der Hand. Die Zubereitung geschieht sofort nach dem Fang. Zuerst wird der Kopf abgeschnitten und in eine besondere Tonne gebracht, dann der Fisch ausgeweidet, Leber und Rogen je in ein eigenes Gefäss gelegt und der Fisch durch einen Schnitt so halbirt, dass er nur noch an der Schwanzflosse vereinigt ist, um ihn zum Trocknen an Gerüsten aufhängen zu können. Zur Fertigung dieser Gerüste führen die Schiffer einen grossen Vorrath von Gabeln und Stangen mit sich. Die Gerüste stehen entweder unter Dach oder frei und die Austrocknung bleibt Wind und Sonne überlassen, bis sie klapperdürr sind. In diesem Zustand heisst der Fisch „Stockfisch". Eine andere Zubereitungsweise ist die als „Klippfisch"; sie werden getheilt, einige Tage in grossen Bottichen eingesalzen und dann auf den Klippen zum Trocknen ausgebreitet. Die dritte Art der Herrichtung ist die als „Laberdan" bekannte; man schichtet sie mit Salz in Tonnen, bis diese voll sind; die Russen schichten sie einfach mit Salz in den unteren Schiffsraum und stampfen sie mit den Stiefeln fest. Die Köpfe werden fast ausschliesslich zu Viehfutter, der Rogen als Köder beim Sardellenfang verwendet und die Lebern liefern den Thran. Zu diesem Behuf überlässt man die letztern in grossen Bottichen der Fäulniss, wobei der Thran frei wird, oben aufschwimmt und von Zeit zu Zeit abgeschöpft wird. Was sich zuerst ansammelt, ist der weisse oder hellblanke Leberthran, später kommt der braunblanke. Kommt kein Thran mehr zum Vorschein, so werden die Lebern 16—20 Stunden lang mit Wasser gekocht und so der dunkelbraune Leberthran gewonnen. Die letztere, eigentlich medicinisch wirksamste Sorte ist, weil aus den faulenden Lebern gewonnen, für den Gebrauch viel zu ekelhaft und man hat deshalb jetzt neuere appetitlichere Bereitungsmethoden. Der in Deutschland in Gebrauch kommende Leberthran ist fast nur Dorschleberthran, dessen Hauptbereitungsort die Stadt Bergen an der norwegischen Küste ist; der Leberthran aus dem Kabeljau hat sein Absatzgebiet in England, Frankreich und Amerika.

Die Störe (Acipenser).

Die zu dieser Gattung gehörigen Fische sind wichtig als Lieferanten der Hausenblase, obwohl noch von einer Menge anderer Fische die Schwimmblasen in derselben Weise sich verwenden lassen; so die vom Wels (Silurus glanis), dem Karpfen (Cyprinus

Carpio), dem Brachsen (Abramis brama), dem Kabeljau (Morrhua vulgaris), Meerhecht (Merlucius vulgaris) und anderen Meerfischen. Sehr häufig enthält eine und dieselbe Sorte die Schwimmblasen mehrerer Arten gemischt.

In den Handel kommt die Hausenblase (Ichthyocolla) entweder in Form von aufeinander gerollten Membranen (Ringelhausenblase) oder von blattartig zusammengepressten Membranen (Bücherhausenblase) oder als einzelne unregelmässige, am Rand zerschlitzte Membranstücke (Blätterhausenblase), endlich als band- oder fadenförmige Stücke. Gewonnen wird sie, indem man die Schwimmblase aufschneidet, auf Brettern mit Nägeln ausspannt und, nachdem ein gewisser Trocknungsgrad erreicht ist, die äussere Muskelhaut abzieht. Die innere Haut wird nun vollends an der Sonne getrocknet. Letzteres ist so nothwendig, dass man die im Winterfang erbeuteten Blasen unter Schnee bis zum Frühjahr aufbewahrt, wo die Sonne wieder anhaltender scheint.

Der Hauptbestandtheil der Hausenblase ist thierischer Leim (70 %), der sich beim Kochen löst und beim Erkalten zu Gelatin erstarrt. Der Vorzug der Hausenblase gegenüber dem Knochenleim besteht in seiner Reinheit. Da man übrigens jetzt auch aus Knochenleim sehr schöne Gelatine (Gelatina alba) machen kann, so ist die Hausenblase nicht mehr unentbehrlich. Die Hauptanwendung ist die zur Bereitung des englischen Pflasters und der Gelatinekapseln, in denen man jetzt schlecht schmeckende Mittel verabreicht.

Die störartigen Fische (Acipenser), von denen die Hausenblase gewonnen wird, sind der spärliche Ueberrest einer in früheren Erdperioden durch zahlreiche Arten repräsentirten eigenen Ordnung von Knorpelfischen (deren Gerippe aus Knorpeln besteht). Gekennzeichnet sind sie schon äusserlich dadurch, dass sie 5 Längsreihen von Knochenschildern auf dem Leibe tragen, von denen die eine die Mitte des Rückens einnimmt, die anderen an den Leibesseiten stehen. Zwischen diesen Schilderreihen ist die Haut theils nackt und glatt, theils mit kleinen zerstreuten Knochenkörnern, theils mit kleinen Schildchen überstreut. Das Maul steht an der Unterseite des Kopfes und wird von einer mehr oder weniger langen knorpelharten Schnauze überragt.

Die 7 Arten, die Europa bewohnen, lassen sich so unterscheiden: a) Mit kleinen sternförmigen Schuppen zwischen den Schildreihen: Sternhausen, Scherg, Sewrjuga (Acipenser stellatus) mit langer spitzer Schnauze; Ossetr (A. Güldenstädti) mit kurzer abgerundeter Schnauze und eingebuchteter Oberlippe; Schipa (A. schypa), ebenfalls rundschnauzig, Oberlippe nicht eingebuchtet. b) ohne Sternschuppen zwischen den Schildreihen: der Glattstör (A. glaber), rundschnauzig; Sterlet (A. ruthenus),

mit sehr langer spitzer Schnauze; der Stör (A. sturio), die Schnauze bildet ein gleichseitiges Dreieck, die Schilder der Seitenreihen stossen in der Reihe zusammen; der Hausen (A. huso), Schnauze wie beim Stör, die Schilder durch Zwischenräume getrennt.

Der Hausen ist der grösste der ganzen Gattung, denn es sind schon Stücke von über 7 Meter Länge und 1400 Kilogramm Gewicht (wovon auf die Eierstöcke allein 400 Kilo kommen) gefangen worden und das gesetzliche Maass sind „12 Handspannen". Auch in Bezug auf Massenhaftigkeit des Vorkommens wird er von keiner andern Art übertroffen. Seine Verbreitung beschränkt sich auf das Schwarze und Kaspische Meer und auf die in dieselben mündenden Flüsse. Die heisse Jahreszeit bringen die Hausen in der Tiefe des Meeres zu und über das, was sie dort treiben, ist man nicht orientirt. Mit Anbruch der kalten Jahreszeit dringen sie in die Flussmündungen, um in dem unteren Stromlauf zu überwintern, wo sie oft heerdenweise, die Köpfe in den Schlamm eingebohrt, die Schwänze wie einen Wald von Pallisaden in die Höhe reckend, still stehen. Mit Beginn des Frühjahrs, März bis Mai, machen sie sich stromaufwärts zur Laiche, wozu ein grosser Fisch circa drei Millionen Eier im Vorrath hat. Die Eier werden auf den Grund abgelegt und dann kehren die leeren Fische rasch zurück ins Meer. Ueber die Nahrung ist man nicht ganz im Klaren: Was sie im Meere fressen, ist ganz unbekannt, in den Flüssen sah man sie schon karpfenartige Fische, besonders Cyprinus grislagine, verschlingen und hat zersetzte Pflanzenreste in ihren Mägen gefunden. Jedenfalls scheint ihre Hauptäsezeit in den Seeaufenthalt zu fallen.

Der Fang geschieht an den meisten Orten im Frühjahr, wenn sie zur Laiche aufsteigen und zwar zumeist mit Netzen und Fischwehren, die mit Hülfe von Flechtwerken gemacht werden. Der Winterfang beruht darauf, dass man durchs Eis hindurch das Winterlager der Thiere auskundschaftet und sie durch gehauene Wuhnen mit Haken herauszieht. Viele werden auch im Meer selbst gefangen, wenn sie bei ihren Wanderungen sich den Küsten nähern oder die Meerengen passiren, namentlich ist die Meerenge zwischen dem Asow'schen und Schwarzen Meere ein Hauptfangplatz. Das Fleisch wird theils frisch, theils gesalzen oder geräuchert verbraucht; den Hauptgewinn giebt jedoch der Caviar, der aus den Eiern gemacht wird. Man peitscht die Eierstöcke mit Ruthen und reibt die Eier durch Siebe, um sie von den Fasern zu trennen. Die schlechteste Sorte (gepresster Caviar) wird mit Salz auf Matten getrocknet und mit den Füssen eingetreten. Der körnige bessere Caviar wird in langen Trögen durchgesalzen, auf Sieben oder Netzen etwas getrocknet und dann in Fässer gepresst. Der beste kommt nach dem Abkörnen in Säcke, die man einige

Zeit in Salzlauge legt, dann zum Trocknen aufhängt und in Fässer bringt. Ueber die Hausenblase wurde schon Eingangs berichtet.

Nebst dem Hausen spielt der Ossetr eine sehr wichtige Rolle, da er nicht blos im Schwarzen und Caspischen Meere vorkommt, sondern auch weiter östlich im Baikalsee und den sibirischen Flüssen des Eismeeres, also in Menge vorhanden ist: nach Pallas soll $^1/_4$ alles Caviars und aller Hausenblasen, die in den Handel kommen, vom Ossetr stammen. Sein Caviar, der kleiner ist, als der des Hausens (das Verhältniss des Körnergewichts ist wie 5 : 7), gilt für viel besser und auch seine Hausenblase ist reiner und vollkommener löslich.

Eine ähnliche Rolle wie der Ossetr spielt der Sternhausen (Sewrjuga). Er findet sich im Schwarzen, Caspischen und Aralmeere, scheint über Winter meist im Meere zu bleiben und zieht Ende März bis Anfang April in ungeheuern Schaaren in die ausgesüssten Meeresbuchten oder auch in die Ströme und laicht erst im Mai. Sein Fleisch gilt für das beste, ebenso sein Caviar und seine Hausenblase, in welch letzterer Beziehung man ihn dem Ossetr gleichstellt. Nach Pallas wird in Russland jährlich circa eine Million Stücke gefangen. Er wird nicht viel über $1^1/_2$ Meter lang und 25 Kilo schwer.

Stör und Sterlet spielen eine geringere Rolle trotz ihrer grösseren Verbreitung. Der Stör, der dem Schwarzen Meergebiet fehlt, dagegen in allen Flüssen der Ostsee, Nordsee und des Mittelmeeres angetroffen wird, ist durch die heftige Verfolgung in seinen von Menschen dicht bevölkerten Wohngebieten so decimirt, dass von ihm keine grossen Massen in den Handel kommen. Auch seine Grösse hat bedeutend abgenommen, denn während früher Störe von 6 Meter vorkamen, wird er jetzt selten länger als $1^1/_2$ Meter getroffen. Der Sterlet, der im Gebiet des Schwarzen Meeres lebt und am höchsten in die Flüsse aufsteigt, ist klein (höchstens 5 Kilo schwer) und tritt mehr einzeln auf.

Die Häringsarten (Clupea).

In einem Werke, welches von medicinisch wirksamen Mitteln handelt, dürfen die Häringe nicht unerwähnt bleiben, da sie doch etwas mehr als einfache Nahrungs- und Genussmittel sind. Schon die Jedem bekannte heilsame Wirkung des Härings im „Katzenjammer", der doch auch als krankhafter Zustand bezeichnet werden muss, verdient diese Aufmerksamkeit, allein auch in verschiedenen andern Fällen sind Häringe und Sardellen ein Objekt therapeutischer Ordination. Die medicinische Wirkung geht natürlich allein von dem Gehalt an Kochsalz aus, wenigstens liegt durchaus nichts vor, was auf ein anderes wirksames Ingredienz deutet. Allein

Häringe und Sardellen sind, wo innerliche Application von Kochsalz indicirt ist (ausgenommen, wenn es sich um Stillung von Lungenblutungen handelt), entschieden die angenehmste Medicationsform, welche durch scharf gesalzenes Fleisch von Hausthieren, wie es der Naturalienmarkt liefert, entschieden nicht ersetzt werden kann. Namentlich gilt dies von den künstlichen Räuchermethoden unterworfenen Fleischsorten. Worin das Zusagende der Häringe und Sardellen liegt, ist noch zu ermitteln. Die therapeutische Wirkung des Kochsalzes in der Form von gesalzenen Häringen und Sardellen beruht einmal auf seinem örtlichen Einfluss auf die Schleimhäute: es löst den Schleim auf, befördert dessen Abstossung und veranlasst reichlichere Absonderung der Verdauungsäfte. Fürs Zweite erzwingt es durch den erzeugten Durst eine reichliche Flüssigkeitsaufnahme, die dem Stoffwechsel zu Gute kommt. Fürs Dritte hat die Aufnahme des Kochsalzes in die Blutmasse Weiteres, jedoch noch nicht allseitig Aufgeklärtes zur Folge, was theilweise schon pag. 9 kurz angedeutet wurde. Von den Krankheiten, bei denen Kochsalz indicirt ist, eignen sich für die Application desselben in Gestalt von Häringen und Sardellen besonders chronische Magen- und Darmkatarrhe, Bronchialkatarrhe, das akute Stadium des Nasenkatarrhes, verschiedene Formen von Scrophulose und Tuberkulose. Bei der letzteren wurde besonders die Häringsmilch (der Hoden) empfohlen. Bezüglich der Anwendung beim Katzenjammer muss gesagt werden, dass, solange der Magenkatarrh im akuten Zustande ist, der Häring ein zu starkes Reizmittel ist und Sodawasser bessere Dienste leistet, allein um so wirksamer ist er im chronischen Stadium.

Auch die in Oel conservirten Sardinen verdienen eine Erwähnung, da bei ihnen die Kochsalzwirkung mit der des Oels verbunden ist. Deshalb wirkt die Sardine milder und zugleich nährend. Bei Scrophulosen und Tuberkulosen wird sie mithin zweckmässig als Diäteticum zu verwenden sein.

Die in Betracht kommenden Fische gehören zu der Familie der Clupeiden: Weichflosser mit Luftgang an der Schwimmblase, ohne Fettflosse und mit sägezähniger Bauchkante. Die wichtigste Art ist der Häring (Clupea harengus), der eine Grösse von circa 30 Centimeter erreicht. Die Heimath dieses wichtigsten aller Fische ist nicht, wie man früher geglaubt hatte, das Eismeer, von dem aus er seine Wanderzüge nach Süden ausführt, sondern, wie wohl zweifellos feststeht, die Tiefe des Atlantischen Meeres. Er ist ein Grundfisch des Meeres, wie es die Renken in unseren grossen Binnenseen sind, und steigt nur von hier aus periodisch in die Höhe, um seichtere Meeresstellen aufzusuchen. Ueber die Nahrung, die er in den Abgründen der Meere findet, ist man direct noch nicht im Klaren, allein indirect lässt sich etwas darüber

sagen. Während früher die Vorstellung herrschte, die grössten Tiefen der Oceane seien azoisch, d. h. thierleer, haben die Sondirungen, die die Legung des Telegraphentaus hervorrief, die Erkenntniss gebracht, dass nicht nur zahlreiche Thierarten dort leben, sondern dass der Seeboden in einer vielleicht gleichmässigen Weise von einer gallertigen lebendigen Masse, dem sogenannten Seetiefenschleim (Bathybius Häckelii), überzogen ist, namentlich da, wo der Strom der wärmeren Aequatorialgewässer hinzieht. Man wird nicht fehlgehen, wenn man diesen Bathybius für das „Fischbrod" hält, das alle diese Milliarden von Seegrundfischen entweder direct oder indirect nährt. Darnach wäre die Heimath der Häringe der Theil des Atlantischen Oceans, dessen Grund vom Golfstrom bestrichen wird.

Zu gewissen Zeiten verlassen sie schaarenweise die Tiefe und suchen seichtere Meeresstellen auf. Die wichtigste derselben ist nun jenes der Westküste von Europa vorgelagerte untermeerische Plateau, auf dem England mit seinen Inseln liegt. Es umfasst die ganze deutsche Nordsee, reicht nördlich bis zum 64., südlich bis zum 45. Breitegrade und erreicht Irland gegenüber mit 14° westlich von Paris seinen vorgeschobensten Punkt. Dieses Plateau, das nur von circa 100 Faden Wasser bedeckt ist, ersteigen die Häringe von Nord und West her kommend, weshalb der England und Schottland vorliegende Rand desselben den grössten Andrang aufweist; ebenso drängen sie sich an der Südhälfte der Küste von Norwegen dem Lande zu. Die Ostsee wird gleichfalls von dem Häring bewohnt, allein dieses seichte enge Seebecken ist durch planlose Verfolgung jetzt fast ganz ausgefischt und so spielt der Häringsfang hier keine Rolle mehr.

Unter den Ursachen des Aufsteigens der Häringe spielt natürlich das Fortpflanzungsgeschäft die Hauptrolle. Sie treiben sich dabei einige Tage nahe der Oberfläche des Meeres in buntem Durcheinander umher und entleeren Eier und Samen in solcher Masse, dass das Meer sich trübt. Die Haufen sind dabei so dicht, dass ein ins Wasser getauchtes Ruder aufrecht stehen bleibt und die Boote gehoben werden, ja sogar in Gefahr kommen können. Dabei sind die Züge von meilengrosser Ausdehnung. Nach Ablauf der Laichzeit wimmeln die betreffenden Meeresstrecken von Milliarden Junger, die sich längere Zeit dort zu halten scheinen und unter dem Namen White bait in England lange Zeit für eine eigene Fischgattung gehalten wurden. Wann sie sich in die Tiefe verlieren, ist nicht ermittelt.

Uebrigens ist das Laichgeschäft offenbar nicht die einzige Ursache des Aufsteigens, da alljährlich grosse Heerden unreifer sogenannter Jungfern- oder Matjesháringe erscheinen. Auch ist die Laichzeit durchaus nicht an eine bestimmte Jahreszeit gebunden,

was wohl davon herrührt, dass in jenen Seetiefen, wo der Häring sich aufhält, die Temperatur Jahr aus Jahr ein nahezu dieselbe ist; doch scheint es, dass zweimal im Jahre, nämlich im Februar und März und wieder im August und September, die bevorzugte Zeit ist, während im Juni und wieder im December die meisten Häringe leer sind; letztere werden Schotenhäringe genannt.

Die Fischerei wird hauptsächlich mit dem Klebgarn betrieben, d. h. senkrecht ins Meer gestellten, unten beschwerten Netzwänden von circa 10 Meter Höhe und 30—40 Meter Länge, deren Maschen genau so weit sind, dass der anschwimmende Fisch mit dem Kopf durchkommt, dann aber mit den Kiemendeckeln hängen bleibt. In den Buchten der norwegischen Küste ist es eine beliebte Methode, die in dieselben eingedrungenen Häringsschwärme mit grossen Netzwänden, sogenannten „Maten", an der Rückkehr zu hindern und sie dann allmählig abzufangen, wobei aber oft sehr viele zu Grunde gehen, wenn das Ausschöpfen zu lange dauert. Letztere Methode sollte gesetzlich untersagt sein.

Die Massen, in denen die Häringe erscheinen, spotten jeder Beschreibung und das, was gefangen wird, beträgt auf europäischer Seite wohl 10,000 Millionen Stück zu 1000 Millionen Kilo Gewicht. An der amerikanischen Küste erscheint eine andere sehr ähnliche Art.

Der zweite hierher gehörige Fisch ist die Sprotte (Clupea sprattus), die sich durch Zähne auf den Flügelbeinen, Mangel derselben auf den Pflugschaarbeinen und geringere Grösse (circa 15 Centimeter) vom Häring unterscheidet, wobei übrigens zu bemerken ist, dass gleichzeitig mit den Sprotten Massen von jungen Häringen gefangen werden. Auch sie sind Grundfische der Nord- und Ostsee und erscheinen Winters in unermesslichen Schaaren an der Küste.

Ueber den dritten Fisch sind die Zoologen noch nicht ganz einig. Von den vorigen, denen er in der Gestalt gleicht, unterscheidet er sich durch einen Ausschnitt zwischen den Zwischenkiefern und dadurch, dass nur Zwischenkiefer und Oberkiefer bezahnt sind. Allein es kommen zwei sonst einander sehr ähnliche in der Grösse dagegen bedeutend verschiedene Fische hier in Betracht; der Pilchard (Clupea pilchardus) von Häringsgrösse, und die kaum halb so grosse echte Sardine (Clupea sardina). Der grössere Pilchard scheint auf die Westküste Europas beschränkt zu sein, die Sardine dagegen bewohnt nicht nur die Westküste von Frankreich, sondern auch das Mittelmeer, wo sie, wie ich mich in Triest überzeugte, in nicht geringerer Menge vorhanden ist. Die kleinere Form ist die, welche in Oel gekocht und in Büchsen verlöthet von Frankreich und dem Adriatischen Meere aus in den Handel kommt. Sie wird frisch nach dem Fang gesalzen, dann

geköpft, ausgeweidet, gewaschen, etwas getrocknet und schliesslich in Olivenöl gekocht. Die Fangzeit ist im Adriatischen Meere Mitte April bis Mitte Mai.

Der vierte Fisch ist die Sardelle (Engraulis encrasicholus) ohne sägezähnige Bauchkante, mit walzigerem Leib und weitem bis hinter die Augen gespaltenem Maul. Sie wird von den Bewohnern der adriatischen Küsten „Sardon“ genannt. Eingesalzen heisst sie Sardelle, in Gewürzsauce marinirt läuft sie unter dem Titel „Anchovi“. Der Hauptpunkt ihres Vorkommens ist das Mittelmeer, wo allein in der Adria circa 600 Millionen erbeutet werden, allein auch an den übrigen Küsten Europas fehlt sie nirgends.

Die Pflasterkäfer (Coleoptera vesicantia).

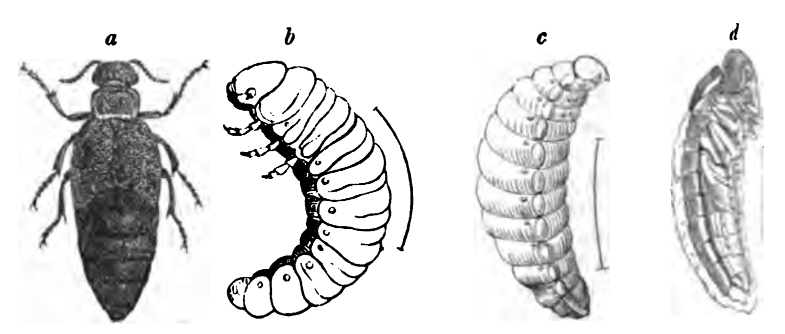
Diese eigene durch mehrere Gattungen und Arten vertretene Käferfamilie scheint in fast allen ihren Mitgliedern ein scharfes Alkaloid, das Cantharidin, zu besitzen, das ihre medicinische Verwendung in den verschiedensten Ländern hervorgerufen hat. Unter den in Betracht kommenden Formen concentrirt sich das Hauptinteresse auf die Gattung Lytta, insbesondere die süd- und mitteleuropäische Lytta vesicatoria oder spanische Fliege, die in Europa als die häufigste und medicinisch wirksamste Art am besten untersucht und fast allein im Gebrauch ist.

Die Analyse der ganzen Käfer hat dargethan, dass der wirksamste Bestandtheil ein krystallisirbares Alkaloid, das Cantharidin, ist und in zweiter Linie scheint ein flüchtiges Oel zu stehen, dem (nach Schroff) die Wirkung auf die Geschlechtstheile zuzuschreiben ist, da Cantharidin allein keine geschlechtliche Aufregung hervorbringt. Ausserdem gewinnt man bei der Analyse ein grünes starres und ein gelbes flüssiges Fett, Harnsäure, Essigsäure, Extraktivstoffe und phosphorsauren Kalk. Bei innerlicher Application bewirken die Cantharиden in grosser Gabe eine acute Entzündung von Darmkanal und Nieren mit Harnblase, sowie sehr starke geschlechtliche Aufregung und Tod unter Convulsionen. In kleinen Gaben treten eben auch nur die Reizungserscheinungen in Niere und Darm auf und da diese immer einen bedenklichen Charakter annehmen können, so nimmt man jetzt von der innerlichen Anwendung vollständig Umgang und macht nur noch von der äusserlichen Wirkung auf die Haut Gebrauch. Diese besteht in örtlichem Entzündungsreiz, welcher Röthung und dann wässerigen Erguss zwischen Epidermis und Lederhaut (Blasenbildung), bei noch längerer Application Entzündung der Lederhaut selbst zur Folge hat. Die in der Blase angesammelte Flüssigkeit hat gleichfalls ätzende Eigenschaften angenommen. Die heilsame Wirkung des Blasenziehens

scheint durch Reflexreiz auf die benachbarten Gefässe hervorgerufen zu werden, indem sich dieselben verengern. Die Wirkung auf die Haut tritt am schnellsten ein, wenn dieselbe zuvor mit Oel befeuchtet wird, da dieses das Cantharidin auflöst. Die gewöhnlichste Anwendungsform ist das Pflaster, von dem man eine stärkere blasenziehende Form (Emplastrum cantharidum ordinarium) und eine schwächere nur Röthung erzeugende (E. c. perpetuum) anwendet; bequemer und reinlicher ist das Collodium cantharidatum.

Die den Canthariden verwandten Maiwürmer (Meloëarten) enthalten gleichfalls Cantharidin, allein in viel geringerer Menge als die spanischen Fliegen. Sie waren früher als Meloae majalmelle conditae (frisch mit abgeschnittenem Kopf in Honig geworfen) namentlich innerlich gegen Wasserscheu in Gebrauch. Neuerdings sind sie wohl mit Recht aus den Pharmakopöen verschwunden, da sie innerlich contraindicirt sind und ihr geringer Cantharidingehalt sie auch zum äusserlichen Gebrauche wenig geeignet macht.

Die Pflasterkäfer gehören zu der Gruppe der Heteromeren, d. h. derjenigen Käfer, welche an den Vorderfüssen fünfgliedrige, an den Hinterfüssen viergliedrige Endstücke (Tarsen) haben. Unter diesen erkennt man die Familie daran, dass die Fussklauen in zwei ungleiche Hälften gespalten sind, der Kopf hinten halsartig verlängert ist und die Basis der Flügeldecken breiter ist als die anstossende Basis des Halsschildes. Sie zerfallen dann wieder in zwei Gruppen.



a) Maiwurm (Meloë variegatus, Weibchen). *b) Zweite Larvenform.* *c) Scheinpuppe* (Pseudochrysalide). *d) Aechte Puppe.*

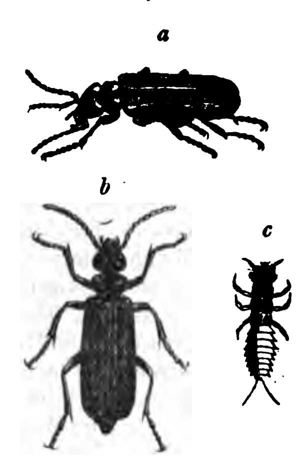
Bei der Gattung Meloë (Maiwurm) ist der Umriss des Hinterleibes gestreckt eiförmig, die Flügeldecken klaffen in der Mitte immer mehr oder weniger und bedecken bei den weiblichen Thieren den Hinterleib, der von den reifen Eiern ungemein aufgeschwollen ist, lange nicht, wohl aber bei den viel kleineren Männchen.

Ausserdem machen sich die Maiwürmer noch dadurch kenntlich, dass sie bei der Berührung aus den Fussgelenken einen gelbrothen öligen Saft austreten lassen, der hauptsächlich die wirksamen Bestandtheile enthält. Die Farbe der Maiwürmer, von denen etwa ein Dutzend Arten bei uns vorkommen, ist ein einfarbiges Stahlblau oder Schwarz, bei M. proscarabaeus ist ein purpurner Bronzeschimmer deutlich. Die reifen Maiwürmer sieht man im Frühjahr einzeln auf kurz berastem Boden oder auf Wegen träge umherlaufen und sich von niederen Pflanzen nähren. Die Weibchen legen ihre Eier (circa 1000) in mehreren Klümpchen einige Centimeter tief in die Erde. Die daraus hervorschlüpfenden äusserst beweglichen und flinken, fast parallelrandigen sechsbeinigen, der Larve der Pflasterkäfer (Abb. pag. 208) ähnelnden Larven besteigen schwarmweise benachbarte honigführende Pflanzen (Disteln, Butterblumen, Veilchen etc.), in deren Kelchen versteckt sie die Ankunft von Bienenarten abwarten; sie klammern sich an letztere an und lassen sich in deren Behausung tragen, wo die schwärzlichen, von M. proscarabaeus stammenden Larven unter dem Namen „schwarze Bienenläuse“ längst bekannt waren, ehe man ihr Herkommen ermittelte. Sie nähren sich dort Anfangs von Honig und verwandeln sich zuerst in eine engerlingartige befusste Made (Abb. pag. 206, b), dann in eine fusslose Scheinpuppe (c), endlich in eine gemeiselte Puppe (d), aus der der Käfer wird. Jedoch ist zu bemerken, dass nicht der ganze Entwicklungsgang in den Bienenstöcken abläuft. Ziemlich erwiesen ist, dass die Larve von M. proscarabaeus sich öfters zwischen die Hinterleibsringe der Biene einbeisst, so dass die Biene stirbt. Die Larven der andern Meloëarten hausen bei wilden Bienenarten, besonders bei Sandbienen (Andrena).

Die andere Gruppe bilden die Gattungen, deren Hinterleib gestreckt, fast parallelrandig ist und deren Flügeldecken nicht klaffen. Unter den Gattungen mit neungliedrigen Fühlern ist Cerocoma durch seine schön metallgrüne Färbung mit der echten spanischen Fliege leicht zu verwechseln (sie erscheint in Südosteuropa gesellig auf niederen Pflanzen, besonders auf Camillen, Schafgarben und Wucherblumen), ist aber nicht zu gebrauchen. Unter den elfgliedrigen Gattungen sind die an keulenförmig verdickten Fühlerenden und gelber Bandirung der sonst schwarzen oder schwarzblauen Decken leicht kenntlichen zahlreichen Mylabrisarten in China und andern asiatischen Ländern als Arzneimittel im Gebrauch gleich dem echten Pflasterkäfer. Die wenigen bei uns in Südosteuropa (von Wien an) vorkommenden Arten gelten für nicht brauchbar, man findet sie im Hochsommer auf niederen Pflanzen, besonders der blühenden Salbei.

Die ächten Pflasterkäfer haben schnurförmige Fühler und von ihnen kommt eigentlich nur die Gattung Lytta in Betracht,

bei welcher ein Enddorn an den Hinterschienen erweitert und ausgehöhlt ist, obwohl die Gattung Epicauta, deren europäische Arten mattschwarz und mit feinen Zeichnungen aus weissen Haaren versehen sind, die wirksamen Bestandtheile ebenfalls enthält.



Spanische Fliege (Lytta vesicatoria). a) von der Seite. b) von oben. c) erste Larve stark vergrössert.

Von den Arten der Gattung Lytta kommt bei uns eigentlich nur die 10—20 Millimeter lange, einfarbig prächtig goldgrüne Lytta vesicatoria, spanische Fliege, in den Handel. Sie bewohnt Deutschland, besonders den südlichen und östlichen Theil, Oberitalien, Frankreich, England, Ungarn, Russland und Sibirien. Ueber die andern, namentlich süd- und osteuropäischen Arten ist nichts bekannt, wogegen Südasien, Afrika und Amerika Arten besitzen, die nicht nur in ihrer Heimath gebräuchlich sind, sondern gelegentlich auch nach Europa kommen.

Ueber die Lebensweise der spanischen Fliegen weiss man noch sehr wenig, da man ihr Larvenleben nicht kennt. Als Käfer erscheinen sie etwa um den Anfang Juni in Schwärmen von oft beträchtlicher Grösse auf verschiedenen Pflanzen, am häufigsten auf Eschen, Flieder, Liguster, Gaisblatt, Hollunder, Ahorn, Pappeln, Rosen, wo sie mit ausserordentlicher Gefrässigkeit Blätter und Blüthen verzehren und die Pflanzen oft fast gänzlich entlauben. Die Erscheinung ist aber örtlich und zeitlich in noch räthselhafter Weise variabel, was auch durch Annahme einer mehrjährigen Entwicklungsperiode (was wohl kaum bezweifelt werden kann) noch keine Lösung findet. Sie verbreiten lebend einen sehr starken auffallenden eigenthümlichen Geruch, sind in allen ihren Bewegungen sehr lebhaft, aber nur im wärmsten Sonnenschein, fliegen viel umher, ohne sich jedoch vom Schwarm zu entfernen, und liegen mit ungemeinem Eifer der Begattung ob, wobei sie wie die Maikäfer, oft länger als einen Tag copulirt bleiben, dabei aber herumlaufen, fressen und ihren Koth absetzen. Ihre Eier deponiren sie klümpchenweise in einem etwa 2 Centimeter tiefen Loche, das sie selbst graben und wieder sorgfältig zuscharren. Die schwefelgelben langwalzigen Eier haben eine völlig durchsichtige Haut, so dass man alle Entwicklungsvorgänge sieht, und nach 3—4 Wochen kriechen die Lärvchen (Abb. c.) aus. Sie ähneln in der Gestalt vollkommen denen der Maiwürmer, sind dunkelbraun mit einem hellen Querband und sehr lebhaft. Ihre

Lebensweise ist jedenfalls von der der Maiwurmlarven verschieden, weil sie bei Annäherung eines fremden Körpers sich zusammenrollen und todtstellen, während letztere sofort alles, was sich regt, besteigen. Ueber ihr ferneres Leben ist aber rein nichts bekannt und die Vermuthung, dass sie in Engerlingen schmarotzen, hat sich nicht bestätigt. Das Einsammeln geschieht am besten in der Morgenfrische, da sie zu dieser Zeit noch träge sind und sich leichter in einen umgedrehten Schirm abklopfen lassen. Wer zarthäutige Finger hat, soll sich jedoch dabei eines Handschuhes bedienen, da sie die Epidermis durchbeissen können und ihren ätzenden Saft in die Wunde lassen; die Folge davon ist Entzündung bis zur Eiterung.

Die Honigbiene (Apis mellifica).

Von diesem Nutzinsekt werden beide Produkte, Honig und Wachs, in den Apotheken geführt.

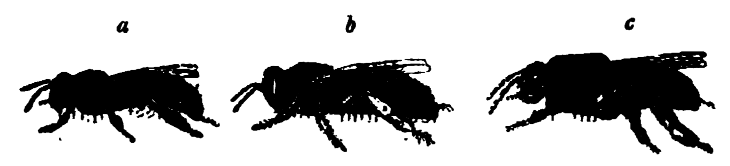
Der Honig (Mel) besteht seiner Hauptsache nach aus Traubenzucker, jener auch in unseren süssen Früchten vorgebildeten, aus Stärkemehl und Holzfaser künstlich darstellbaren Zuckerart, welche sich von dem Rohrzucker durch etwas weniger süssen Geschmack, grössere Löslichkeit in Wasser und höhere Gährungsfähigkeit unterscheidet. Ausserdem enthält der Honig noch einen nicht krystallisirbaren zuckerähnlichen Stoff, von welchem die braune Farbe herrührt, verschiedene, wohl von den Pflanzengerüchen stammende, ätherische Oele, eine freie Säure (nach Busch Humussäure), etwas Schleim, Gummi und Wachs. Im rohen Zustande eignet er sich wegen seines Gehaltes an Schleim und freier Säure zum innerlichen Gebrauche nicht. Er wird dadurch davon befreit, dass man ihn mit zwei Theilen Wasser gemischt bis zur Kochhitze bringt, die abgekühlte Flüssigkeit mit Pflanzenkohle reinigt, filtrirt, im Dampfbade eindickt und colirt; er heisst dann Mel depuratum s. despumatum. Innerlich wirkt er in grossen Gaben als leichtes Abführmittel, dann wird er als Constituens besonders den Gurgelwassern und Pinselsäften beigegeben; äusserlich ist er mit Mehl gemengt ein volksthümliches Cataplasma auf kleine Furunkel.

Das Wachs (Cera) ist im rohen Zustande (Cera flava) eine lebhaft gelbe, zähe, in der Handwärme erweichende, bei 61° Cels. schmelzende Masse von körnigem Bruch und honigartigem Geruch, die sich durch Schmelzen mit allen Thier- und Pflanzenfetten in allen Verhältnissen verbinden lässt und mit Alkalien verseifbar ist. Der Hauptsache nach besteht das Wachs aus dem in kochendem Weingeist unlöslichen palmitinsauren Myricyläther und einem in Weingeist löslichen Theil, der der Hauptsache nach Cerotinsäure

ist. Das weisse Wachs (Cera alba) wird aus dem gelben durch Bleichen an der Sonne gewonnen, es ist weiss, hart, fest und spröde. Das Wachs ist eine förmliche Absonderung der Bienen. Es entsteht in Form von zarten, dünnen, rechteckigen Blättchen aus flachen drüsigen Taschen, deren jederseits eine an mehreren Hinterleibseinschnitten der Biene sich befindet und zwar am Bauche. Die Wachsproduktion ist jedoch auf die ersten 14—15 Tage nach dem Verlassen der Puppe beschränkt, nachher hört sie auf. Ausser den Bienen produziren auch noch andere Insekten Wachs, so namentlich einige Cicaden, von denen die Chinesen Wachs gewinnen, auch ist der weisse Flaum, welcher manche Blatt- und Schildläuse bedeckt, eine Wachsabsonderung. Der früher übliche innerliche Gebrauch des Wachses ist ganz aufgegeben, dagegen bildet es ein wichtiges Constituens für Salben. Pflaster und Bougies.

Die Biene, die im wilden Zustand ihre Stöcke in Baumhöhlen und Felsspalten anlegt, ist schon seit den ältesten Zeiten vom Menschen in Zucht und Behandlung genommen. Indem wir denjenigen, welche sich über Bienenzucht unterrichten wollen, als beste Anleitung hierzu das Werk „v. Berlepsch, Die Biene und ihre Zucht, zweite Auflage, Mannheim 1869" empfehlen, soll hier nur einiges Naturgeschichtliche über die Biene folgen.

Ein Stock enthält, wenn er gut im Stande ist, 25—50,000 Individuen und besteht aus einem (selten zwei) fruchtbaren Weibchen, der sogenannten Königin, etwa 1000 Stück Männchen, die Drohnen genannt werden, der Rest sind Arbeiterinnen. Die Königin (Abb. b.) unterscheidet sich schon oberflächlich durch Grösse,



Honigbiene. a) Arbeiterin. b) Königin. c) Drohne.

dickeren Hinterleib und runderen Kopf; ferner hat sie einen viel kürzeren Rüssel, an dem ersten vergrösserten Glied des Endstücks der Hinterbeine fehlen die Sammelhaare und die grossen Augen stossen oben auf dem Kopfe in der Mitte zusammen, während sie bei den übrigen durch einen breiten, mit drei Punktaugen versehenen Zwischenraum getrennt sind. Die Drohnen (Abb. c.) sind etwas kleiner als die Königin, aber ziemlich grösser als die Arbeiter; ihr Hinterleib ist schlanker und kegelförmiger als bei Königin und Arbeitern, die Zunge auch viel kürzer als bei den

Arbeitern, der Kopf von vorn gesehen fast kreisrund, das erste Tarsenglied der Hinterbeine trägt wohl Sammelhaare, allein es fehlt ihm das Zähnchen am Grunde und endlich sind sie stachellos. Die Arbeiterin (Abb. a.) ist die kleinste, ihr Hinterleib ist mehr walzenförmig und erst am Ende rasch kegelförmig zugespitzt, der Kopf von vorn gesehen deutlich dreieckig, die Zunge etwa dreimal so lang als bei den vorigen und das erste Tarsenglied trägt Sammelhaare und ein Zähnchen am Grunde. Die Arbeiterinnen sind ihrer Natur nach verkümmerte weibliche Thiere.

Die Königin, auch Weisel genannt, beschäftigt sich nur mit der Eierablage, auch fliegt sie nur ein paarmal aus, bis sie befruchtet ist, dann verlässt sie den Stock nicht mehr, ausser beim sogenannten Schwärmen, das darin besteht, dass bei beginnender Uebervölkerung die alte Königin mit einem Theile des Volkes abzieht, um einen neuen Stock anzulegen. Die Drohnen sammeln nichts ein, sondern nähren sich nur von den Vorräthen des Stockes und schwärmen viel aussen und hoch in der Luft herum. Sie haben nur die Befruchtung der Königin sicher zu stellen und werden später von den Arbeiterinnen getödtet. Die Arbeitsbienen zerfallen nach ihrem Alter in zwei Gruppen: die Hausbienen sind die jungen Thiere, die noch nicht fliegen können; bei ihnen ist die Wachsabsonderung am stärksten (Wächserinnen), sie besorgen den Bau der Waben, indem sie die Wachsplättchen mit den Kiefern verarbeiten, die Fütterung der Larven, das Eindeckeln etc., kurz alle häuslichen Geschäfte. Zur Trachtbiene wird die Arbeiterin erst mit dem 18. Tage nach dem Verlassen der Brutzelle; von jetzt an fliegt sie aus und sammelt ausschliesslich ein, die Wachsproduktion erlischt bei den Trachtbienen fast ganz. Eingesammelt wird dreierlei, Honig, Blüthenstaub und Kittharz. Den Honig gewinnen sie vorzugsweise aus den Blüthen zahlreicher Gewächse, allein sie lecken auch den sogenannten Honigthau, der theils von den Blattläusen, Schildläusen und Blattflöhen erzeugt wird, theils von Verwundung herrührt, theils als sogenannter Honigfluss ohne nachgewiesene Ursache auftritt. Auch Fruchtsäfte, besonders von Steinobst, werden eingetragen, Zuckerfabriken, Conditoreien etc. und andere Stöcke beraubt. Diese Säfte werden in dem Honigmagen aufgesammelt, dort ein wenig verändert und zu Hause in die Honigzellen entleert. Der Blüthenstaub (Pollen) wird an den Sammelhaaren des ersten Hintertarsengliedes (dem sogenannten Körbchen) befestigt und stellt dann ein „Höschen" dar. Im Innern des Stockes wird er mit wenig Honig geknetet gleichfalls in Zellen als „Bienenspeise" aufbewahrt, die dann die Hauptnahrung bildet, namentlich für die Larven. Das Kittharz oder Vorwachs (Propolis) gewinnen die Trachtbienen meist an Bäumen, die an ihren Knospen, Trieben

oder Blättern klebrige Säfte absondern. Die Bienen verwenden es weder zur Nahrung noch zum Wabenbau, sondern nur zum Verkleben aller Ritzen ihres Stockes. Die Bedeutung dieser Vorsichtsmassregel ist erst durch Berlepsch völlig erkannt worden: die Biene ist ein sehr durstiges Thierchen, das im Sommer überall an Wasserrändern, Brunnen, Pfützen etc. sich seinen Bedarf holt; ist nun der Stock nicht dicht genug, so verdampft im Winter, wo die Biene nicht ausfliegt, zu viel Wasser und es tritt die sogegenannte „Durstnoth" ein, die dem Stock zum Verderben gereicht.

Ueber die Fortpflanzung ist Folgendes zu bemerken. Für die Königin genügt eine einzige Begattung, wobei sie die Samenmasse in ihre Samentaschen aufnimmt, ein für allemal, indem mit diesem Vorrath ein Ei um das andere befruchtet wird. Weiter ist festgestellt, dass aus befruchteten Eiern nur Königinnen und Arbeiterinnen entstehen, die Drohnen dagegen aus unbefruchteten Eiern hervorgehen. Ferner ist nachgewiesen, dass die Eier dann Königinnen liefern, wenn die Larve in einer grösseren Zelle (Weiselwiege) aufwächst und mit feinerer reichlicherer Nahrung gefüttert wird. Es kann jede Arbeiterinlarve, wenn sie ein gewisses Alter noch nicht überschritten hat, zu einer Königin erzogen werden und der Stock schreitet dazu, sobald seine Königin verunglückt ist.

Die Waben bestehen aus zwei Lagen wagerecht stehender sechseckiger Zellen und dienen einmal als Wiegen für die fusslosen Maden, wozu meist die mittleren Wabentafeln (Bruttafeln) benutzt werden, dann zur Aufnahme des Honigs und des Bienenbrodes. Die Brutzellen sind, solange die Larve gefüttert wird, offen, bei Beginn der Verpuppung werden sie zugedeckelt.

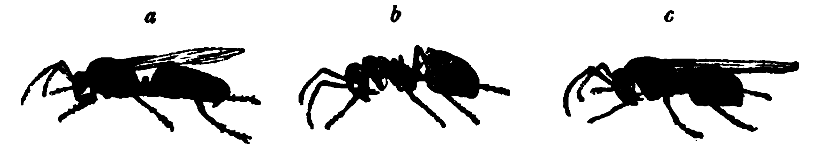
Die Waldameise (Formica rufa).

Der angenehm belebend riechende ätzende Saft, den die unter dem Namen „Drüsenameisen" zusammengefasste Gruppe von Ameisenarten aus ihrem Hinterleibe absondern, besteht wahrscheinlich ganz aus Ameisensäure. Man glaubte früher, diese Säure sei ein ausschliessliches Produkt der Ameisen, weiss aber jetzt, dass nicht nur das Gift der meisten Insekten Ameisensäure ist, sondern dass dieselbe ein sehr allgemeines, auch künstlich darstellbares Oxydationsprodukt aller organischen Substanzen sowohl der stickstoffhaltigen als der stickstofflosen ist. Ueber die arzneiliche Wirkung der Ameisensäure sind noch keine ausführlichen methodischen Untersuchungen angestellt. Das Wenige, was ermittelt ist, stellt sie in Bezug auf die innerliche Wirkung dem Cantharidin (pag. 205) an die Seite, während sie äusserlich dem wirksamen Bestandtheile des Senfs, dem ätherischen Senföl, am ähnlichsten wirkt, nämlich als Hautreiz, der sehr schnell Stechen,

Brennen, Röthung und schliesslich Blasenbildung hervorruft. Der Unterschied von Senföl und Ameisensäure gegenüber dem Cantharidin besteht darin, dass die ersteren rascher wirken als Canthariden, allein weniger heftig und andauernd. Auf das Geruchsorgan machen jedoch Senföl und Ameisensäure nicht den gleichen Eindruck: während ersteres penetrant und widerwärtig heftig riecht, ist die Ameisensäure in nicht zu concentrirtem Zustande von angenehm prickelndem, „stärkendem" Geruch.

Der innerliche Gebrauch der Ameisensäure ist heutzutage aus denselben Gründen aufgegeben wie der des Cantharidin, und äusserlich hat die Ameisensäure an dem Senf einen so wirksamen Concurrenten, dass man sie eigentlich ganz entbehren könnte, doch ist die Tinctura Formicarum (aus 2 Theilen zerquetschten Ameisen und 3 Theilen rektificirtem Weingeist) noch officinell statt des früher gebräuchlichen Spiritus Formicarum, den man durch Destillation eines Aufgusses von Alkohol und Wasser auf lebendige Ameisen bereitete. Auch zu Bädern verwendet man sie noch, indem man 8—12 Liter Ameisen in einem Sacke zerquetscht und mit siedendem Wasser übergiesst.

Das Einsammeln der Ameisen wird mittelst verschiedener Kunstgriffe getrieben, unter andern durch Eingraben einer Flasche in den Haufen, in welche sich die Ameisen sammeln, da sie an den Glaswänden nicht aufsteigen können. Verwendet wird fast nur die folgende Art, welche die säurereichste, häufigste und fangbarste ist.



Waldameise (Formica rufa). a) Männchen. b) Arbeiter. c) Weibchen.

Die rothe Waldameise (Formica rufa) ist eine unserer grössten Arten, sie wird fast nur noch von Formica herculeana übertroffen. Sie gehört zu der Gruppe der Drüsenameisen (Formiciden), bei denen der Hinterleibsstiel nur aus einem einzigen Knoten besteht. Die Gattung Formica erkennt man daran, dass der Hinterleibsstiel eine vollkommen aufrechte Schuppe trägt und die Kiefer an ihrem Innenrande gezähnelt sind. Die Arbeiter (Abb. b) der vorstehenden Art sind dadurch genügend gekennzeichnet, dass alle drei Leibesabschnitte (Kopf, Brust und Hinterleib) zweifarbig, d. h. braunroth und schwarzbraun gefleckt sind, der Hinterkopf stark ausgeschnitten ist und auf den Augen keine Haare stehen. Der Unterschied zwischen Arbeitern, Männchen und Weibchen

besteht (bei allen Ameisen) in Folgendem: die Männchen (Abb. a) haben stets Flügel und 13 Fühlerglieder, die Weibchen (Abb. c), die immer viel grösser sind, haben nur 12 Fühlerglieder und die Flügel, welche sie nach dem Ausschlüpfen besitzen, werden zwar bald abgelegt, allein man bemerkt dann an der Brust noch deutlich die Flügelansätze, was bei den viel kleineren, auch mit 12 Fühlergliedern versehenen Arbeitern nicht der Fall ist, denn diese haben zu keiner Zeit Flügel.

Noch leichter kenntlich ist die Art durch ihre Haufen. Nur vier Arten machen in Wäldern ihre Haufen aus Pflanzenstoffen, alle andern Haufen bauenden Formen benutzen hierzu nur Erdklümpchen. Von obigen vier Arten sind die der F. truncicola klein und flach, die von F. congerens und exsecta höchstens 30 Centimeter hoch und ebenso breit, während die rothe Waldameise Haufen macht, die oft fast einen Meter Höhe erreichen. Das Material der Haufen bilden Holzstückchen, Nadeln, Blättchen, Erd- und Harzklümpchen. Der Haufen ist von zahlreichen Gängen durchsetzt. die gegen einen grösseren freien, tief in der Mitte des Haufens liegenden Gang convergiren; von da aus gehen dann noch Gänge tief und weit in den Boden hinein, in die sie sich namentlich im Winter zurückziehen, so dass zu dieser Zeit der Haufen fast leer ist. Die Colonien dieser Ameise stehen fast immer im Nadelwald, der reine Laubwald sagt ihnen nicht zu.

Die ständige Bewohnerschaft eines Haufens bilden eigentlich nur die Arbeiter und einige wenige Weibchen. Jedes der letzteren hat seinen eigenen, aus Arbeitern bestehenden Hofstaat um sich, welche es füttern, caressiren und die abgelegten Eier in Empfang nehmen. Die Geschichte des Haufens ist folgende: Männchen und Weibchen, die, wie oben gesagt, geflügelt zur Welt kommen, werden nach ihrem Ausschlüpfen eine Zeit lang von den Arbeitern im Innern des Baues festgehalten, endlich aber gelingt es ihnen, auf die Höhe des Haufens zu kommen, wo alles sich jetzt in grosser Aufregung umhertummelt, weil die Arbeiter den Abflug zu verhindern suchen. Zuletzt tritt dieser doch ein. Männchen und Weibchen erheben sich in einer Wolke. Die Arbeiter ziehen traurig in ihren Haufen zurück und verschliessen die Eingänge. Verfolgt man die Aufgeflogenen, so sieht man, wie sie bald einem Regen gleich zur Erde fallen und dort paarweise sich wälzen. Damit ist die Begattung vollzogen. Die Männchen haben nun ihren Lebenszweck erreicht, zerstreuen sich und irren vereinzelt umher, bis sie gefressen oder ins Wasser geweht oder sonst vertilgt werden. Die Weibchen werden entweder von den Arbeitern einer schon bestehenden Colonie aufgelesen und in den Haufen genöthigt, wobei letztere ihnen die Flügel abbeissen; oder jedes Weibchen gründet eine eigene Colonie, indem es seine Flügel ab-

wirft, Eier legt und die Jungen selbst aufzieht, bis es Helferinnen an ihnen gewonnen hat. Oefters gelingt es den Arbeitern einer Colonie, Weibchen, die sich noch auf dem Haufen begattet haben, zurückzuhalten und so direkt neuer Mütter sich zu versichern. Die sehr kleinen Eier werden von den Weibchen häufchenweise in Kammern gelegt, von den Arbeitern beleckt, bei warmem Wetter in obere Stockwerke getragen, bei kaltem in die Tiefe geschafft, und dasselbe geschieht dann mit den nackten Maden, so dass jeder Sonnenstrahl eine Art Aufstand hervorruft, weil die Kleinen umgebettet werden müssen. Die Larven werden mit einer aus dem Magen der Arbeiter hervorquellenden Süssigkeit geätzt und stets rein gehalten. Wenn die Larven reif sind, so häuten und verpuppen sie sich in einen tonnenförmigen Cocon, der im Volksmunde „Ameisenei“ heisst. Auch diese Puppen werden stets umgebettet, wie es die Witterung verlangt. Ist die Puppe im Cocon reif, so wird sie von den Arbeitern herausgebissen und von dem feinen Puppenhäutchen, in welchem die junge Ameise dann noch steckt, frei gemacht; damit ist aber die Sache noch nicht beendigt; da der junge Weltbürger noch keinen „Ameisencomment“ besitzt, so wird er von den Arbeitern in eigenen Kammern noch einige Zeit der nöthigen Schulung unterzogen, ehe er vollberechtigtes Mitglied des Staates wird.

Eine höchst interessante Beigabe der Ameisenkolonien sind die Ameisenfreunde (Myrmecophilen), an denen gerade unsere rothe Waldameise besonders reich ist, denn die Listen weisen jetzt für sie schon rund 100 verschiedene Arten solcher Ameisenfreunde nach. Man versteht darunter Insektenarten, welche sich in den Colonien aufhalten, und kann dabei mehrere Gruppen unterscheiden. 1) Solche, die nur als Larven oder Puppen in den Nestern leben und dort eigentlich nur geduldet sind; dahin gehören besonders die engerlingartigen Larven der Goldkäfer (Cetonia), die sich von den vermodernden Holzstückchen des Nestgrundes nähren. 2) Solche, die gleichfalls nur geduldet sind, aber blos im vollkommenen Zustande dort getroffen werden; dahin gehören sehr viele Käferarten, besonders kleine Kurzdeckflügler (Staphylinen) und Stutzkäfer (Histeriden), von denen einige Arten auch anderwärts leben, andere dagegen fast nur in den Haufen zu finden sind. 3) Solche, die von den Ameisen eingetragen und benutzt werden. Darunter sind besonders die Blattläuse zu verstehen, welche von den Ameisen als Melkkühe benutzt werden, indem sie deren süsse Absonderungen schlecken. 4) Solche, welche ihr ganzes Leben in den Ameisennestern verbringen und vollständig von den Ameisen abhängig sind. Dahin gehört eine eigene kleine Ameisenart (Formicoxenus nitidulus), dann eine eigene kleine eiförmige flügellose Grille (Myrmecophila acervorum). Von den merkwürdigen Ameisenkäfern

(Pselaphiden und Clavigeriden), die man bei andern Ameisen als völliges Hausvieh trifft, scheint bei unserer rothen Waldameise keine Art vorzukommen. Auch Sklavenhaltung ist bei ihr nicht beobachtet worden.

Die Nahrung der Ameise ist ungemein mannigfaltig, wird jedoch bei unserer Art zumeist der Thierwelt entnommen. Eine Hauptliebhaberei sind für sie die süssen Säfte, welche die Blatt-, Schild- und Tannenläuse und die Blattflohlarven absondern: deren Colonien sind stets von Ameisen belagert und um ihrer Säfte willen caressirt. Dann verzehren sie Raupen, besonders die jungen, mit solchem Eifer, dass sie geradezu als wirksamer Forstschutz gegen schädliche Raupen gelten und in manchen Staaten das Sammeln der Ameisen und Puppen verboten ist. Daneben werden alle Insekten (mit Ausnahme der Ameisenfreunde) von ihnen ergriffen und verzehrt, selbst grössere Thiere, wie Eidechsen, Schlangen, Mäuse etc., sind nicht sicher vor ihnen, namentlich todte oder verwundete. Um zu ihrer Nahrung zu gelangen, ist stets ein grosser Theil der Arbeiter auswärts, wobei sie sich auf geebneten, gehöhlten, von allem Pflanzenwuchs rein gehaltenen Strassen bewegen und es zwischen benachbarten Colonien dann öfters ernstliche Begegnungen absetzt. Den Kampf gegen ihre Feinde führen sie in der Weise, dass sie mit den Kiefern Wunden beissen, den Hinterleib vorkrümmen und die ätzende Ameisensäure in die Wunde bringen. Auch spritzen sie ihre Ameisensäure in einem bis 30 Centimeter weiten Strahle nach ihren Gegnern, wie man deutlich sieht, wenn man auf einen solchen Haufen schlägt und von der Seite hinblickt; es entsteht ein förmlicher Sprühregen.

Die Gallinsecten.

Die unter dem Namen „Galläpfel" (Gallae) ihres Gerbsäuregehalts wegen in den Handel kommenden pflanzlichen Gebilde sind die Produkte von zwei ganz verschiedenen Thiergruppen. Nur die, früher bei uns fast allein gebräuchlichen, asiatischen und europäischen Sorten werden von Gallwespen (Cynips) erzeugt, dazu sind in den letzten Jahrzehnten zwei andere Sorten gekommen, die ihre Entstehung den Blattläusen (Aphis) verdanken.

Von den Blattlausgallen haben wegen ihres bedeutenden Gerbsäuregehaltes und niedrigen Preises die chinesischen Galläpfel (Gallae chinenses) viel Verbreitung gefunden. Sie entstehen an einer in China, Japan und Nepal wachsenden Sumachart (Rhus javanica) als blasige, sehr vielgestaltige, durch oberflächliche Aussackungen höckrige und zackige Gebilde, in deren Hohlraum ein Haufwerk von Blattläusen (bis 3000 in einem Gallapfel) und

wolligen Klümpchen angetroffen werden; sie gehören also in dieselbe Kategorie wie die bekannten von Schizoneura lanuginosa und Tetraneura ulmi auf den Blättern unserer einheimischen Ulme erzeugten Lausblasen; dem Thier wird der Name Aphis chinensis beigelegt. – Die zweite Sorte von Blattlausgallen sind die Terpentingallen (Gallae pistacinae), die man an ihrem Terpentingeruch erkennt. Sie entstehen an den Zweigen, Blüthenstielen und Blättern der Pistazien (Pistacia terebinthus, vera und lentiscus) durch den Stich von Aphis pistaciae. Die an den Zweigen sind schotenförmig oder hornförmig mit Längsfurchen, die an den Blüthenstielen kuglig, die an den Blättern wulstig. In Italien, wo sie schon länger im Gebrauch sind, heissen sie Carobe del legno di Guida.

Von den durch Gallwespen erzeugten sind die wichtigsten die asiatischen oder türkischen Galläpfel (Gallae asiaticae s. turcicae), die durch Cynips gallae tinctoriae an den jungen Zweigen der Galleiche (Quercus infectoria) entstehen. Je nach ihrem Alter unterscheidet man zwei Sorten: die vor dem Ausschlüpfen des Insekts gesammelten gerbsäurereicheren sind die dunkel (weissgrau bis schwarzgrau) gefärbten Gallae nigrae, die kein Flugloch zeigen und in der centralen Höhlung das vertrocknete Insekt enthalten; die innen leeren, mit einem Flugloch versehenen weissen oder gelben Galläpfel (Gallae albae) sind weniger reich an Gerbsäure. Diese asiatischen Galläpfel sind geruchlos, kuglig, runzlig, mit unregelmässigen stacheligen Erhabenheiten besetzt und mit einem kurzen stielartigen Ansatz versehen. Man unterscheidet je nach ihrem Herkommen davon noch weitere Sorten. Als die besten gelten die mosulischen Galläpfel, die vom Tigris kommen und ziemlich gross und schwer sind, dann die kleineren leichteren aleppischen Galläpfel von Aleppo; etwas runder sind die smyrnaischen und tripolitanischen, endlich gilt die Bassorasorte für die geringste. Der Gehalt an Gerbsäure wird sehr verschieden angegeben, nämlich von 26—77 %, was sich theils durch die verschiedenen Sorten, theils durch den verschiedenen Trocknungsgrad erklärt.

Die europäischen Galläpfel (Gallae europaeae), die sich durch den Mangel der stacheligen Erhabenheiten kennzeichnen und schwammiger, spezifisch leichter und viel ärmer an Gerbsäure sind als die asiatischen, rühren von verschiedenen Arten einheimischer Eichengallwespen her (Cynips quercus folii, C. quercus cerris, C. quercus ramuli, C. hayneana etc.). Sie stehen in geringerem Werth, da sie nicht über 40 % Gerbsäure enthalten.

Im rohen Zustande werden die Galläpfel nicht mehr verwendet, sondern nur die aus ihnen bereitete Eichengerbsäure (Acidum tannicum oder kurzweg Tanninum) und Gallussäure (Acidum

gallicum). Man gibt diese Mittel, wo es sich um Stillung von Blutungen und krankhaften Absonderungen handelt, sowohl innerlich als äusserlich, und die Wirkung beruht darauf, dass sie mit den Eiweissstoffen der Gewebe und Absonderungen unlösliche Verbindungen liefern. Auch als Gegengift gegen narkotische und metallische Gifte ist die Gerbsäure von grosser Bedeutung. Aeusserlich wird nur das Tannin angewendet, ebenso wenn es sich um direkte Wirkung auf den Darmkanal handelt; die Gallussäure hat nur da den Vorzug, wo man indirekt, d. h. nach vorausgängiger Resorption, wirken will, denn sie wird vom Darm viel leichter aufgesaugt als Tannin.

Die Gallwespen gehören zu den Aderflüglern mit zweigliedrigen Schenkelringen und unterscheiden sich von den Schlupfwespen besonders durch den Bau der Vorderflügel, denen das hornige Mal und die Mittelzelle fehlt. Auch schon ohnedies erkennt man sie meist an ihrem kurzen durch seitliche Zusammendrückung linsenförmigen Hinterleib. Im Allgemeinen sind die Arten alle klein (C. gallae tinctoriae z. B. ca. 6 Mm. lang) und träg in ihrem Benehmen. Das Weibchen ist mit einem Legstachel versehen und sticht damit ein Ei in den betreffenden Pflanzentheil, worauf derselbe, namentlich wenn einmal die ausgeschlüpfte Made zu saugen anfängt, anschwillt und allmählig die merkwürdige, aus metamorphosirtem Pflanzengewebe bestehende Galle erzeugt. Man hat noch keine Vorstellung davon, wie es kommt, dass jede Spezies der Gallwespen ihre ganz spezifische Gallenform erzeugt. Wenn die fusslose Made erwachsen ist, so verpuppt sich dieselbe noch in der Galle und erst die reife Fliege frisst sich durch. Bei unserer einheimischen C. quercus folii fällt der Gallapfel mit der schon in der Verwandlung begriffenen Made ab und bleibt mit der Fliege im Innern über Winter liegen; einzelne Fliegen brechen noch im Spätherbst aus und überwintern versteckt, die meisten aber erscheinen erst im Frühjahr und stechen ihre Eier in die Blätter, solange diese noch in der Knospe versteckt sind. Die Gallwespen sind gewöhnlich sehr von Schlupfwespen heimgesucht und manche auch noch von Miethgallwespen: während die ersteren die Larven der Gallwespen aufzehren, schmarotzen die letzteren nur von der erzeugten Galle. Merkwürdig ist die Bevorzugung, welche der Eiche von Seiten der Gallwespen zu Theil wird. Von den einheimischen Arten leben in runder Summe 100 verschiedene Spezies auf derselben und zwar so, dass jeder Theil des Baumes von den Faserwurzeln an bis zu den Knospen, Blüthen und Kätzchen von eigenen Arten bewohnt wird. Andere Bäume und Sträucher haben theils nur einige wenige, meist aber gar keine Gallwespenarten aufzuweisen.

Die Manna-Insekten.

Aus der in Südeuropa theils wild wachsenden, theils zu diesem Behuf kultivirten Manna-Esche (Fraxinus ornus) wird die als gelindes Abführmittel gebräuchliche Manna gewonnen. Allerdings entfliesst der weitaus grösste Theil derselben der Rinde des Baumes infolge künstlich gemachter Einschnitte als ein dickflüssiger, klarer, bald eintrocknender Saft; allein die Mannacicade betheiligt sich doch insofern auch daran, als ihren Stichen, die sie den Blättern beibringt, ebenfalls Manna entfliesst und zwar die geschätzteste, jedoch selten zu uns kommende Sorte, die Manna foliata s. mastichina s. di fronde, in Form tröpfenförmiger, auf Wasser schwimmender Stücke.

Die Mannacicade (Cicada orni) ist eine der grössten Cicadenarten, im Leib etwa so gross wie ein kleiner Maikäfer, mit vier dachförmig gestellten grossen glasigen, den Hinterleib weit überragenden dunkelgeaderten und braungefleckten Flügeln. Ihre Larve lebt wahrscheinlich, wie die des verwandten Weinzürners (Cicada haematodes), unterirdisch an den Wurzeln und das geflügelte Insekt erscheint im Hochsommer auf der Pflanze, ausgerüstet mit einer im Ton der Kinderrätsche ähnlichen Stimme, die sie besonders im heissen Sonnenschein fleissig handhabt.



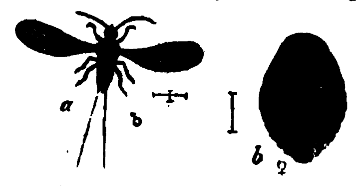
Die Mannacicade (Cicada orni).

Ausser dieser Manna kommen noch mehrere ähnlich zusammengesetzte, von andern Pflanzen stammende Honigsäfte unter dem Namen Manna vor, von denen bei einigen ebenfalls Insektenstiche die erste Veranlassung zum Ausfluss geben. So gibt Ehrenberg an, dass die Aeste einer Tamariske (Tamarix mannifera) in Folge der Stiche einer Schildlaus (Coccus manniparus) Tröpfchen einer Manna absondern, die seinerzeit die Israeliten am Berge Sinai ernährt habe; er nennt sie Manna tamariscina. Aus Indien erhält man die Manna celastrina, die durch den Stich eines Blattflohes (Psylla mannifera) einer noch nicht näher bestimmten Art von Celastrus entlockt werden soll. In wie weit bei den andern sonst noch vorkommenden Mannasorten Insekten betheiligt sind, steht nicht fest.

Die Cochenille (Coccus cacti).

Dieses zu den Schildläusen gehörige, in getrocknetem Zustand in den Handel kommende Thierchen verdankt seinen Gebrauch einer prachtvoll rothen Farbe, der Carminsäure, aus der es bis

zur Hälfte seiner Masse besteht. Es findet deshalb seine Verwendung hauptsächlich in den Farbstofffabriken und der Apotheker gebraucht es nur, um Zahnpulver und Zahntinkturen zu färben.



Die Cochenille (Coccus cacti). a) Männchen. b) Weibchen von unten.

Die getrockneten weiblichen Thierchen (Abb. b.), an denen man, namentlich nach Aufweichen im Wasser deutlich die Ringelung des Leibs und 6 kurze Füsse bemerkt, sind 2—5 Mm. lange, fast eiförmige, samenartig aussehende Körner, unten flach oder ausgehöhlt, oben gewölbt und kommen in mehreren Sorten vor; die beste ist die Jaspcada oder silbergraue Sorte, die mit einem feinen weissen Puder, der natürlichen Fettwachsabsonderung der Thierchen, überzogen ist; die Renegrida, welche durch Tödten der Thiere im heissen Wasser den Puder verloren hat und dunkelbraun aussieht, wird weniger geschätzt; die Negra, welche in zu grosser Hitze getrocknet wurde und schwarz geworden ist, gilt für die schlechteste Sorte.

Die Cochenillelaus ist nach den Geschlechtern sehr verschieden. Das Weibchen (Fig. b.), das allein in den Handel kommt, ist gänzlich flügellos, das Männchen (Fig. a.) hat zwei schneeweisse Flügelchen und zwei lange Schwanzanhänge. Sie lebt auf der ursprünglich in Mexiko heimischen Fackeldistel (Opuntia coccinellifera), dort Nopal genannt, und ist nur ausserhalb der Regenzeit in Thätigkeit. Die Pflanze wird von dem Thierchen fast ganz mit einer weisslichen fädig-flockigen Wachsabsonderung überzogen. Das Weibchen legt seine Eier in diese Wachswolle und stirbt dann. Nach 8 Tagen schlüpfen die Jungen aus; die männlichen Larven sind mit langen Borsthaaren versehen und spinnen sich nach ca. 14 Tagen eine hinten offene Puppenhülse, aus welcher sie nach achttägiger Puppenruhe in geflügeltem Zustande hervorkommen. Die weiblichen Thiere verwandeln sich nicht und behalten ihre Larvengestalt, auch tragen sie keine langen Borsthaare, sondern nur den wolligen Wachsflaum. Die Männchen sterben sogleich nach der Begattung, während die Weibchen noch etwa 14 Tage saugen und bedeutend anschwellen. Da mithin die Generation nur einige Wochen dauert, so können in einer Saison 4—5 Ernten gehalten werden, nämlich jedesmal, wenn die Weibchen im höchsten Reifezustande sich befinden. Während der Regenzeit erhalten still liegende befruchtete Weibchen den Fortbestand aufrecht und die Cochenillezüchter bewahren sie inzwischen sammt den Zweigen, an denen sie sitzen, in ihren Wohnungen auf, um sie im Februar wieder auszusetzen. Das Einsammeln geschieht durch Abpinseln, ist aber sehr mühsam, denn auf ein Pfund gehen 70,000 Thierchen.

Früher zog man die Cochenille nur in Mexiko, das jährlich 880,000 Pfund ausführte, jetzt ist die Zucht auch nach den westindischen Inseln, nach Südspanien, Algier, Java und Teneriffa verpflanzt.

Die Kermesschildlaus (Lecanium ilicis).

Unter dem Namen Kermesbeeren, Alkormes, Kermes, Karmoisinbeere etc. (Grana Kermes oder Kermes tinctorum) kommt eine kleinere, etwa hirsekorngrosse, getrocknete, gleichfalls Carminsäure enthaltende Schildlaus in den Handel, die muschelartig gehöhlte braune Körperchen darstellt und besonders zum Färben der orientalischen „Fes“ benutzt wird. Das Thierchen lebt auf der meist nur einen Strauch bildenden Kermeseiche (Quercus coccifera), die in Kleinasien, Griechenland, Spanien und Südfrankreich wild wächst. Die Lebensweise ist so ziemlich dieselbe wie die der vorigen, nur dass meist blos eine einzige Ernte gemacht werden kann und zwar Ende Mai, wo unter der vertrockneten Hülle der Mutter 1800—2000 Eier liegen.

Die Lackschildlaus (Coccus lacca).

Die Zweige mehrerer in Indien lebenden Bäume, z. B. einiger Ficusarten, Akazienarten, des Flaschenbaumes (Anona squamosa), des Plaso (Butea frondosa), Zizyphus jujuba etc., werden von einer rothen Schildlaus bewohnt. Zu gewissen Zeiten im Jahre (nach Carter zweimal) erscheinen sie in solcher Zahl, dass die jungen Zweige von den festgesogenen Weibchen ganz bedeckt sind. Sie sondern sofort einen porösen harzigen Stoff ab, der erhärtet und jedes Thier wie mit einer Art von Zelle umgibt. Dabei schwellen sie zu einer mit schön rother Flüssigkeit gefüllten Blase auf und enthalten 20—30 Eier, aus denen zuerst Weibchen, später Männchen ausschlüpfen, von denen die letzteren im September ungeflügelt, im März geflügelt sein sollen und gleich nach der Paarung in der harzigen Ausscheidung des Weibchens umkommen. Die jungen Thiere haben einen lanzettförmigen Körperumriss, zwei lange Schwanzborsten, sechs Füsse und fünfgliedrige, mit drei astartigen Borsten versehene Fühler. Die angeschwollenen Weibchen werden birn- oder kugelförmig und verlieren ihre Gliedmaassen.

Die Eingeborenen sammeln nun die mit Lackzellen besetzten Zweige, die in dieser Form Stocklack (Lacca in ramulis) heissen, oder schälen die Zellen in Form grösserer Krusten von denselben ab, in welcher Gestalt er Traubenlack (Lacca in racemis) heisst. Dieser rohe Lack enthält zweierlei Stoffe: einmal einen rothen

Farbstoff, welcher in den Eierstöcken der Läuse enthalten sein soll, und das Harz. Der rohe Lack wird grob zerkleinert und durch Kochen mit einer schwachen Lösung von kohlensaurem Natron die Farbe aus ihm gewonnen; der Rückstand, der jedoch immer noch Farbstoff enthält, ist der sogenannte Körnerlack (Lacca in granis). Durch nochmaliges Auskochen des Farbstoffs und Zusammenschmelzen des Harzes zu schwärzlichbraunen runden circa 10 Ctm. im Durchmesser haltenden Kuchen erhält man den Klumpenlack (Lacca in placentis s. massis). Aus diesem gewinnt man durch nochmaliges Auskochen mit Soda, Schmelzen Coliren und Auspressen zu dünnen Blättchen zwischen Bananenblättern den Schellack oder Tafellack (Lacca in tabulis welcher nur noch 0,5 % Farbstoff (der rohe hat 10 % neben 90 % Harz, 4 % Wachs und 2,8 % Kleber) enthält. Der Fadenlack (Lacca in filis) wird durch spinnendes Ausziehen der geschmolzenen Harzmasse zu langen dünnen, durchsichtigen, glänzend goldbraunen Fäden erhalten. Der Schellack ist ein in Alkohol leicht lösliches Harz, das zur Fabrikation von Siegellack und anderen Lacken benutzt und zu technischen Zwecken auch in den Apotheken geführt wird; medicinisch wird er jetzt nicht mehr angewendet.

Die Blutegel (Sanguisuga).

Die Egel (Hirudineae) gehören zu den ganz glatten, d. h. nicht einmal mit Borstreihen besetzten Ringelwürmern, haben einen etwas flach gedrückten, aus zahlreichen Ringeln bestehenden Leib, der vorn und hinten eine Saugscheibe trägt. Auf der Fläche der vordern Saugscheibe (Abb. pag. 223, III, a, b, c) bemerkt man eine dreistrahlige Spalte als Mundöffnung, die hintere Saugscheibe ist undurchbohrt, indem der After über ihr als eine kleine Oeffnung angebracht ist. Die Thiere sind Zwitter: die männliche Geschlechtsöffnung, aus welcher bei der Begattung ein Penis austritt, liegt auf der Bauchseite des 24. Körperringes, die weibliche Oeffnung befindet sich dahinter auf dem 29.

Abgesehen von den gleich zu erwähnenden Abarten des gebräuchlichen Blutegels (Sanguisuga), finden sich in Europa noch zwei ähnliche, aber medicinisch nicht verwendbare grosse Egelarten, der Rossegel (Haemopis vorax) und der Wurmegel (Aulastoma gulo). Zur raschen Unterscheidung diene Folgendes: der Blutegel hat oben deutlich 6 farbige Längsbänder oder Fleckenreihen und der Bauch ist heller als der Rücken; der Rossegel hat oben 6 Reihen kleiner schwarzer Flecke und der Bauch ist dunkler als die Oberseite; der Wurmegel ist oben fast einfarbig tief schwarzbraun, der Bauch heller olivenfarbig. Der letztere ist die bei uns gemeinste, in allen stehenden Wassern sich

findende Art, die nie an warmblütige Thiere geht, sondern sich von allerlei Gewürm nährt. Der Rossegel ist überall seltener, nur in den wärmeren Theilen Europas und zwar da, wo das Vieh zur Tränke getrieben wird, häufiger. Er geht an warmblütige Thiere, allein seiner stumpferen Zähne wegen kann er nur die Schleimhäute durchbeissen, setzt sich deshalb dem Vieh sowie badenden Menschen an Mund-, Nasen-, Mastdarm- und Genitalienschleimhaut, wodurch er oft recht lästig wird, indem er in die betreffenden Höhlen eindringt. Abgesehen davon, dass er die äussere Haut meist nicht durchbeissen kann, ist er auch für die Applikation auf Schleimhäute deshalb nicht zu gebrauchen, weil seine stumpfen Zähne schlechte, leicht eiternde Wunden hinterlassen. Als Kennzeichen für den ächten Blutegel ist auch die auf der Abb. II. angegebene Stellung der 10 Augpunkte massgebend, die bei den zwei andern Arten wesentlich anders ist.

Die Güte der ächten Blutegel beruht auf der Schärfe des Gebisses: In jeder der drei Mundspalten steht eine halbkreisförmige, mit einer doppelten Reihe spitzer Zähne an ihrem freien Rande besetzte Hornplatte, welche das Thier gleich einer oscillirenden Cirkularsäge auf die Haut wirken lässt, sie ziemlich glatt durchschneidend, selbst da, wo eine dickere Epidermis im Wege steht. Man unterscheidet mehrere geographisch vikarirende Formen. Der deutsche Blutegel (Sanguisuga medicinalis) ist olivengrün, mit 6 rostrothen, schwarz gefleckten Längsbinden auf dem Rücken, gelbem Körperrand und schwarz geflecktem Bauch und lebt in ganz Europa, besonders dessen nördlichen Theilen, ist aber in vielen Gegenden ganz ausgerottet. Der ungarische Blutegel (Sanguisuga officinalis) hat keine schwarzen Flecken auf dem Bauche und in den rostrothen Längsbinden; er findet sich in Südeuropa, besonders Ungarn und Südostrussland. Der enorme Verbrauch Europas an Blutegeln (z. B. in Frankreich allein 34 Millionen pro Jahr) hat neuerdings auch die Einfuhr der afrikanischen S. interrupta hervorgerufen,



Der Blutegel. I. In wechselseitiger Begattung. II. Vorderes Körperende vergrössert mit Augenstellung. III. Vordere Saugscheibe von unten, vergrössert, mit der dreispaltigen Mundöffnung.

die gelbe Rückenstreifen hat, deren zwei mittlere fleckenlos, deren vier äussere durch schwarze Punkte unterbrochen sind. Schlechtere Arten sind S. obscura, chlorogaster und verbana.

Die Egel leben am liebsten in wärmeren stillstehenden Wassern mit moorigem Untergrund, also besonders in Torfmooren, Sümpfen und Gräben, gehen jedoch von dort aus auch gelegentlich in fliessendes Wasser. Ihren Aufenthalt nehmen sie nicht allein im Wasser, sondern gehen auch öfters auf längere Zeit an das Land, theils um dort irgendwo angesogen stillzusitzen, wie man es bei gefangenen so oft beobachten kann, theils um über Land ein anderes Wasser zu gewinnen; letzteres thun sie namentlich wenn im Hochsommer ihre Wohngewässer vertrocknen. Im Wasser selbst bewohnen sie vorzugsweise die Ränder und gehen nicht in grosse Wassertiefen. Entweder hängen sie angesaugt an Wasserpflanzen, häufig so, dass der vordere Theil über Wasser ist, oder sie stecken in Uferlöchern, aus denen sie den Kopf vorstrecken. Im Allgemeinen sind sie bei schönem warmem Wetter mehr in der Höhe oder ausser dem Wasser, während sie sich bei kühlem, windigem, trübem Wetter und bei Regen mehr unter Wasser aufhalten. Vor Gewittern kommen sie an die Oberfläche und sind dann besonders leicht zu fangen. Sobald im Herbst die kühlen Nächte kommen, beziehen sie ihr Winterquartier, indem sie sich an tieferen Stellen, bis wohin der Frost nicht vordringt, in den Schlamm des Grundes eingraben und dort sich so zusammenrollen, dass der Kopf in der hohlgemachten Fussscheibe steckt. Aehnlich machen sie es, wenn im Sommer die Gräben austrocknen und sie kein anderes Wasser erreichen konnten.

Ihre Bewegungen sind ziemlich lebhaft. Einmal können sie kriechen, wobei sie nach Art der Spannerraupen abwechselnd das vordere und hintere Körperende fixiren. Dann schwimmen sie schnell und geschickt; hierbei flachen sie ihren Leib ab, strecken ihn in die Länge und bewegen ihn schlängelnd in stehenden Bogen. Eine andere Bewegung, die man öfters bei ihnen sieht, ist die, dass sie, mit einem Körperende festgesaugt, den Leib schlängelnd im Wasser balanciren.

Ihre Nahrung besteht wohl nur in Thierblut, das sie durch Aussaugen gewinnen. Die Vermuthung einiger Autoren, dass sie auch Pflanzensaft saugen, ist nicht beglaubigt. Unter allen Umständen ziehen sie das Blut warmblütiger Thiere allem andern vor, nehmen aber auch mit dem von Fröschen, Fischen, Salamandern, selbst Schnecken, Würmern und Insekten vorlieb. Gewässer, in welche Vieh zur Tränke getrieben wird, sind deshalb besonders von ihnen bevorzugt und sobald sie das Plätschern des eintretenden Viehes vernehmen, schwimmen sie von allen Seiten herzu. Mit ihren scharfen Zähnen sägen sie die Haut in Gestalt

einer dreiwinkligen Wunde auf und indem ihr Schlundkopf als Saugpumpe wirkt, befördern sie es zunächst in die erste Abtheilung ihres der Länge nach in etwa neun Kammern gegliederten Darmschlauches und füllen dann eine Kammer um die andere, so dass ihr Körpergewicht bis auf den sechsfachen Betrag steigen kann; viele fallen jedoch schon ab, wenn sich ihr Körpergewicht verdreifacht hat. Die Verdauung ist eine äusserst langsame und, wenn sie sich einmal vollgesogen haben, können sie 1 Jahr, nach Einigen selbst 3—4 Jahre, ohne weitere Nahrungsaufnahme ausdauern. Auch ihr Sauerstoffbedarf ist sehr gering, da sie unter der Luftpumpe und unter Oel gesetzt 8 Tage und noch länger leben. Eigentliche Athmungswerkzeuge besitzen sie nicht, sondern die Haut vermittelt den Gaswechsel, wie bei so vielen niederen Wasserthieren. Deshalb sieht man auch keine der Athmung entsprechende Bewegungen an ihnen und nur jenes oben erwähnte Balanciren des Leibes scheint dahin gerechnet werden zu müssen, da es eine Erneuerung des umgebenden Wassers und lebhafteren Kreislauf zur Folge haben muss.

Ihre Absonderungen bestehen in dem Ausstossen von braunem Koth, in der Bildung von Schleim aus zahlreichen flaschenförmigen Drüschen, die über ihre ganze Körperoberfläche zerstreut sind, und in einer öfters sich wiederholenden Häutung, wobei die Chitinhaut ganz oder in Fetzen sich ablöst. Zur Zeit der Häutung sind die Thiere träger.

Die Begattung fällt in das Frühjahr, meist in den Monat Mai. Die Ablage der Cocons beginnt dagegen selten vor Juni. In der Zeit vor der Begattung sind sie sehr unruhig, indem sie viel umherschwimmen. Trotzdem, dass sie Zwitter sind, scheint keine Selbstbefruchtung stattzufinden, vor welcher die Natur wie man sagt, einen Horror hat (siehe pag. 140), sondern sie begatten sich, wie das leicht beobachtet werden kann, wechselseitig (s. Abb. pag. 223). Die befruchteten Eier beginnen ihre Entwicklung noch im Mutterleibe und scheinen sie, worauf einige Angaben deuten, unter Umständen auch dort beendigen zu können, sodass sie lebendige Junge gebären. Allein in der Regel wird ein ganzes Packet von 5—18 Eiern gelegt, das in eine flockig schaumige Masse eingehüllt ist. Die schaumige Masse, welche die Eier umgibt, schwillt auf und erhärtet zu einem schwammartigen dunkelbraunen, etwa haselnussgrossen Cocon, der viele Aehnlichkeit mit dem eines Schmetterlings hat. Wenn die Jungen reif sind, schlüpfen sie durch die Maschen des Cocons heraus. In manchen Gegenden sammeln die Einwohner die letzteren und erziehen die jungen Egel. Die Ablage der Eikapseln erfolgt immer über Wasser und sie benutzen dazu Gänge, welche sie unter dem feuchten Rasen ziehen, oder befestigen sie in dem Pflanzenfilz, aus dem der schwimmende

Rasen besteht. Sinkt das Wasser zu sehr, so gehen sie durch Austrocknen zu Grunde; das Gleiche geschieht, wenn sie durch Ueberschwemmungen unter Wasser gesetzt werden, weshalb Sümpfe mit sehr wechselndem Wasserstand keinen grossen Blutegelstand erhalten können.

Ueber die Entwicklungszeit gehen die Ansichten sehr auseinander; sicher scheint zu sein, dass der Blutegel, ehe er zum medicinischen Gebrauch sich eignet, d. h. etwa 1 Gramm Gewicht hat, mindestens 2 Jahre Zeit braucht und bis zur Fortpflanzungsfähigkeit noch 1—2 weitere Jahre erforderlich sind. Dass sie sich in der Gefangenschaft noch einige Jahre länger halten, ist ausser Zweifel, denn man hat Blutegel, die schon ihre volle Grösse hatten, noch 8 Jahre leben sehen, allein über die Frage, ob der Egel in seinen natürlichen Gewässern länger lebt und sich mehrere mal fortpflanzt, habe ich in der Literatur keine direkten Angaben gefunden; ich setze deshalb folgende eigene Beobachtung bei. Ein Fischer, der sich lange Zeit an der ungarischen Gränze mit dem Egelfang abgab und auch Zuchtversuche anstellte, theilte mir mit: Wenn man im Frühjahr erwachsene Egel in einem mit geknetetem feuchtem Thon gefüllten, oben mit Leinwand zugebundenen Gefäss ihre Eierkapseln ablegen lasse, so finde man nachher nur noch die Cocons, dagegen keine Spur mehr von den alten Egeln. Ich habe den Versuch im Jahre 1862 mit hundert Stück Egeln gemacht und mit dem gleichen Erfolg. Beim Zerbröckeln des feuchten Thons nach Ablauf von 4 Wochen, während deren das Gefäss im Keller stand, fand ich etliche 80 Stück Cocons, die mir circa 1000 Stück Junge lieferten, allein von den alten Egeln war keine Spur zu finden, auch keine Verletzung des Verschlusses nachzuweisen. Daraus zu schliessen, dass auch in der Freiheit die Egel nach der Eiablage sterben und spurlos verfaulen, wäre jedoch sehr voreilig, trotzdem, dass dieses Absterben bei einer Masse von Thieren Regel ist.

Ueber die Lebenszähigkeit der Blutegel sind zahlreiche Versuche gemacht worden, chemische sowohl als mechanische. Unter den letzteren ist besonders interessant die Zertheilung, nach welcher die Theilstücke bis zu 10 Monaten am Leben erhalten werden konnten und zwar sowohl Endstücke als Mittelstücke; dagegen fand kein Wiederersatz der verloren gegangenen Theile statt.

Der Fang der Blutegel gründet sich darauf, dass dieselben sofort herbeischwimmen, wenn im Wasser ein Geräusch entsteht und der Schlamm aufgerührt wird, weil sie den Eintritt von Weidevieh vermuthen. Der Fischer wadet entweder mit nackten Füssen hinein, schlägt das Wasser und nimmt die herbeischwimmenden, an die Oberfläche kommenden Egel mit den Fingern, ebenso die, welche sich an seine Beine setzen; oder er bindet, um

sich vor den Bissen zu schützen und die Egel leichter abnehmen zu können, wollene Tücher um die Füsse. Da sie sich überhaupt gern an Wollstoffe ansetzen, so benutzt man auch wollene Decken mit Kork an den Ecken, die man vom Boot aus in das Wasser breitet, indem man dann das umgebende Wasser mit dem Ruder schlägt. Endlich genügt es, das Wasser mit Stöcken zu schlagen und mit einem Netzlöffel die zuschwimmenden Egel aufzuschöpfen.

Der ungeheure Verbrauch an diesen Thieren, der mit der von Broussais in Credit gesetzten antiphlogistischen Heilmethode begann, war die Ursache, dass die natürlichen Wohngewässer der Blutegel rasch entvölkert wurden und man in dem vierten Decennium dieses Jahrhunderts anfing, eine rationellere Blutegelzucht in Gang zu setzen, hauptsächlich in Frankreich. Man kann hierbei die natürliche und die künstliche Zucht unterscheiden.

Die natürliche Zucht ist die in ihren natürlichen Wohngewässern. Der erste Punkt ist eine gesetzliche Schonzeit durch Juni, Juli, August, während welcher man nicht nur den Fang unterlässt, sondern auch das Betreten der Sumpfränder durch Menschen und Weidevieh verhindert, um dem Zertretenwerden der Cocons vorzubeugen. Der zweite Punkt besteht in der Umgestaltung des Bodens. Der Abhaltung von Feinden dienen Einfriedigungen; gegen das Entweichen der Egel zieht man um die Plantage einen mehrere Fuss tiefen Graben, der ganz mit Sand gefüllt wird, den die Egel nicht durchbohren; ferner richtet man schwimmende Inselchen her, auf denen die Blutegel ihre Cocons ablegen und letztere vor den Schwankungen des Wasserstandes und dem Zertretenwerden sicher sind. Endlich regulirt man gleichzeitig das Wasser, so dass ein stetiger, aber nie eigentliche Strömungen erzeugender Wasserwechsel Platz greift. Der dritte Punkt ist dann die Fütterung der Egel mit Säugethierblut. Die primitivste, noch jetzt in vielen Gegenden Frankreichs gebräuchliche Methode ist das Eintreiben von Weidevieh in die Egelsümpfe, wozu besonders Pferde und Esel verwendet werden, weil sie geduldiger sind als Kühe, welche letztere mit ihrer Stachelzunge die Egel ablecken und verwunden. Um das Zertretenwerden der Egel und des morastigen Bodens zu verhindern, legt man gewöhnlich beschotterte Wege durch die Moorfläche an und zwingt durch Barrieren die Thiere, auf diesen Wegen sich zu bewegen. Eine andere Fütterungsmethode ist die mit geronnenem Blut, das man auf schwimmende Brettchen legt.

Die künstliche Wirthschaft hat diesen Betrieb sehr vervollkommnet. Man legt künstliche Teiche an, am besten in einem dem natürlichen Vorkommen entsprechenden Terrain, also in Torfboden, wo das Ausheben des Torfes genügt, um einen Wasserspiegel zu erzeugen; allein es darf das Wasser nicht zu

moorig sein, sondern muss durch Zu- und Abfluss möglichst erfrischt werden. Will man eine ganz künstliche Anlage machen, so muss der Teich einmal sehr sanft geneigte Ufer haben, dann über der Dichtung durch Thon eine dicke Lage von Sand erhalten, damit die Egel sich nicht durchbohren, und darüber noch einmal eine dicke Thonlage, in welcher sie sich vergraben und Wasserpflanzen wurzeln können. Die Ein- und Ausflüsse sind gegen das Entweichen der Egel zu sichern und das Wasser soll ein durchaus weiches sein. Zur Coconablage macht man kleine Inseln (feste oder schwimmende) oder lässt Garben aus Wasserpflanzen schwimmen oder macht endlich am Ufer mit dem Finger Rinnen, die ins Wasser auslaufen, und deckt dieselben mit Torfstücken oder Rasenziegeln. Bei rationellem Betrieb werden auch noch die abgelegten Cocons sorgfältig gesammelt, in einen unten offenen Kasten geschichtet und mit Torf bedeckt, aus welchem die jungen Egel in einen eigenen Teich gelangen können, da die Parzellirung der ganzen Zucht in mehrere Bassins viele Vortheile gewährt. Die Fütterung geschieht in diesen künstlichen Anlagen entweder so wie bei der natürlichen Zucht oder auch so, dass man die Egel fängt, zu 4—6 Kilogramm in Flanellsäcke bringt und diese 5 Minuten bis $^1/_4$ Stunde in warmes, durch Schlagen defibrinirtes Blut legt. Solcher Fütterungen gibt man drei in einem Jahr. Eine gute Schrift, die alles nähere Detail enthält, ist: Fermond, Die Blutegelzucht, deutsch von Dr. Ch. H. Schmidt, bei Voigt in Weimar, 1859.

Die Feinde der Blutegel, auf welche der Züchter ein besonderes Augenmerk zu richten hat, sind folgende. Die gefährlichsten sind die Wasserratte, Wasserspitzmaus und der Maulwurf, die man durch Legen von Phosphor bekämpft. Unter den Vögeln sind die Wildenten, Fischreiher, Störche und Haushühner zu nennen; unter den Kriechthieren die Ringelnatter und die Kröten; unter den Fischen Aal, Barsch, Hecht, Karpfen und Schleie; unter den Insekten vor allem die Maulwurfsgrille (Gryllotalpa), die grossen Laufkäfer (Carabus), die grösseren Arten der Tauchkäfer (Dytiscus) und ihre Larven, die Libellenlarven, sowie die grösseren Wasserwanzen; endlich werden sie von einem ihrer nächsten Verwandten, dem Wurmegel (Aulastoma, siehe oben), gefressen, weshalb man sich beim Besatz künstlicher Teiche sehr zu hüten hat, dass keine Wurmegel unter den andern sind.

In der Gefangenschaft verlangen die Egel eine sorgfältige Behandlung. 1) Sollen die Gefässe innen sehr glatt, also aus Glas oder Fayence, sein. Es darf nur weiches Fluss- oder reines Regenwasser, dagegen kein hartes Brunnenwasser genommen werden. 3) Das Gefäss soll nur zur Hälfte gefüllt sein. 4) Der Wasserwechsel erfolge im Winter wöchentlich, im Sommer zweimal in der

Woche, während sehr heisser Zeit täglich. 5) Auf ein Liter Wasser gebe man nicht mehr als 40 Blutegel. 6) Beim Wasserwechsel soll neues und altes Wasser zuvor auf gleiche Temperatur gebracht und die Thiere dabei möglichst wenig beunruhigt werden. 7) Mehrere kleine Gefässe sind besser als ein grosses, weil sich ansteckende Krankheiten nicht so leicht verbreiten. 8) Die Gefässe sollen vor Hitze, Frost und starken Gerüchen geschützt sein. 9) Beigabe von Thon, Torf, Holzkohle etc. sind nicht zu empfehlen, da sie die Reinhaltung und den Wasserwechsel erschweren, dagegen kann man mit Vortheil grössere tragbare Sumpfvivarien anfertigen, bei denen der neue Wasserzufluss zuerst in die Bodenschicht aus Sand eindringt und das schlechte Wasser oben abläuft. 10) Die Bedeckung des Gefässes soll fest schliessen, allein den Luftzutritt möglichst wenig behindern. Sehr zweckmässig sind ganz offene Gefässe, deren oberer Rand von einem drei Finger breiten Saum eines feinen Metallsiebes gebildet wird; da sie sich an dem Sieb nicht ansaugen können, so sind sie am Entfliehen gehindert.

Krankheiten der Blutegel: 1) Die Metallkrankheit nennt man das Auftreten rosenkranzartig gereihter Knoten; sie soll durch Versetzen in Kühlgefässe geheilt werden können. 2) Die Schleimkrankheit, wobei der Egel weich und schleimig wird und dem Wasser viel Schleim mittheilt; tritt besonders im Hochsommer auf und ist sehr gefährlich. Man gibt ihnen täglich lauwarme Bäder und setzt sie in eine Mischung von 6 Theilen Wasser, 1 Theil Honig und Kohlenpulver. 3) Die faulige Krankheit, die eine der häufigsten und schlimmsten ist, verräth sich durch Anschwellung, die an den Enden des Thieres beginnt und sich über den ganzen Körper verbreitet, sowie durch Ausfluss einer rothen Flüssigkeit aus dem Munde. Man behandelt sie durch Bäder von Wasser und Holzkohle und kalte Waschungen. 4) Die Einschnürungs- oder Gelenkkrankheit entsteht, wenn das Thier seine Haut nicht abstreifen kann; dieselbe schiebt sich auf die Mitte des Körpers als ein einschnürender Ring zusammen. Man setzt das Thier in aufgeweichten Thon oder in gröblich gestossenes gewaschenes Holzkohlenpulver. 5) Bei der Gelbsucht, die wohl durch zu hohe Temperatur entsteht, wird der Egel weich, schlaff, aufgeschwollen, gelb. Man räth, den Schwanz mit einer Nadel zu durchstechen, bis eine gelbe Flüssigkeit erscheint, dann den Egel in lauwarmem Wasser zu waschen und endlich in ein Wasser zu setzen, das $^1/_5$ seines Gewichts braun gebrannten Zuckers enthält. 6) Sehr häufig sind Geschwüre, die als kleine weisse Punkte beginnen; hierbei sind Bäder mit Kohlenpulver und kalte Waschungen angezeigt.

Ausser diesen Hauptkrankheiten kommen noch seltenere und

minder wichtige Krankheitsformen vor, die wir hier übergehen können. Es sei nur noch angeführt, dass man als Generalkur für alle Krankheiten ein 12stündiges Bad in Wasser empfiehlt, dem man pro Liter etwa 15 Tropfen Schwefelsäure oder Chlorwasser zusetzt; die Thiere bewegen sich darin sehr stark und entleeren ihren Darmkanal.

Die Blutegel können mehr als einmal zum Saugen verwendet werden, wenn man sie künstlich entleert. Hierfür hat man folgende Methoden: 1) Man taucht sie einige Minuten in 10procentige Kochsalzlösung unter und wiederholt dies mit einer zweiten Flüssigkeitsmenge. Darauf werden sie gut gewaschen und in reines, fleissig gewechseltes Wasser gesetzt. 2) Man setzt sie auf einen trockenen Teig von Holzkohlenpulver, wo sie sich bald entleeren; darauf werden sie gewaschen und in reines, mit Kohlenpulver versetztes Wasser gebracht. 3) Man taucht sie in eine Mischung von 2 Theilen Wein und 1 Theil Wasser. 4) Man macht auf der Mittellinie des Bauchs, etwa 4 Millimeter hinter der weiblichen Geschlechtsöffnung, oder in der Mitte des Rückens auf dem 62. Ringe einen Einstich mit dem Messer und entleert das Blut unter Wasser von 20—30° Cels. 5) Man drückt sie mit der Hand aus durch Streichen von hinten nach vorn, aber ohne grosse Gewalt anzuwenden. Die, welche zu grossen Widerstand leisten, taucht man 1—2 Sekunden in Salzwasser oder Wein. — So entleerte Egel können sogleich wieder zum Saugen verwendet werden, zweckmässiger aber ist, sie einige Tage ruhen zu lassen. Die Gefahr einer Ansteckung durch Egel, die an contagiös Erkrankten gesogen haben, ist jedenfalls eine sehr geringe und wohl nur bei Syphilis und manchen Hautkrankheiten in entfernter Weise vorhanden.

Der Transport der Egel auf grössere Entfernungen geschieht entweder in Leinwandsäcken von 42 Centimeter Länge und 30 Centimeter Weite, die 3—4 Kilo fassen, oder in Fässern, die zur Hälfte mit einem weichen Thonteig gefüllt sind und Luftzutritt haben.

Die Schnecken.

Von unseren einheimischen Schnecken hat die Pharmacie insofern Gebrauch gemacht, als die nachbenannten Arten zur Herstellung von Brühen und Gallerten verwendet wurden, die man bei Schwindsucht, Keuchhusten, Scrophulose und Syphilis gab. Speziell die Schneckenschleimtafeln, die sehr wohlschmeckend sind, werden noch jetzt in manchen Gegenden, z. B. in der Schweiz, als Volksmittel vielfach begehrt, allein aus den Pharmakopöen sind sie neuerdings doch verschwunden, da sie durchaus nichts enthalten, was eine specifisch medicinische Wirkung hätte.

Die Weinbergschnecke (Helix pomatia) ist die grösste unserer beschalten Schnecken, indem sie ausgewachsen die Grösse einer Wallnuss überschreitet, was sie nebst ihrer gelblichbraunen Farbe von allen andern einheimischen Arten leicht unterscheidet. Sie lebt an feuchten schattigen Orten, jedoch mehr nur an den Rändern derselben, namentlich an denen von Laubwäldern, dann in Gärten, Hecken, Weinbergen etc. Am Tage ist sie nur dann zu sehen, wenn kühle feuchte Witterung herrscht, während sie bei trockenem, gutem Wetter den Tag in Verstecken liegt und erst Abends herauskommt, um ihren Verrichtungen nachzugehen. Ihre Nahrung besteht aus saftigen Pflanzentheilen, also weichen, besonders jungen Blättern und markigen Stengeln und Früchten, weshalb sie in Gemüsegärten und Weinbergen Schaden anrichtet. Ihre Frasszeit dauert vom Frühjahr bis zur Zeit, wo die Herbstnebel einfallen, dann hört sie zu fressen auf, entleert ihren Darmkanal fast ganz und bereitet sich ein Winterlager. Zu diesem Behuf bohrt sie sich entweder eine Erdhöhle unter einer Deckung von Moos und Laub oder sie baut sich ein förmliches, rings geschlossenes Nest aus den letztgenannten Stoffen in geschützter Lage. Hier zieht sie sich, die Schalenmündung nach oben gewendet, in die Schale zurück und schliesst die Mündung zuerst mit einem Deckel aus erhärtendem Kalkbrei, hinter dem sie dann noch ein oder mehrere nur aus erhärtetem Schleim gemachte dünne glasige Deckelchen querüber spannt. In diesem Zustande ruht sie während der kalten Jahreszeit. Im Frühjahr wird der Deckel durch Andrängen des Thieres abgestossen und das ausgehungerte Thier nimmt jetzt sehr eifrig Nahrung zu sich bis zur Paarungszeit, während welcher es weniger gefrässig ist. Die Paarungszeit beginnt im Mai und endet erst im September. Wie alle unsere Schnecken sind sie Zwitter und paaren sich gegenseitig; Selbstbefruchtung scheint nicht vorzukommen. Die Ausmündung der Geschlechtswerkzeuge ist ein gemeinschaftlicher kurzer Gang, der sich hinter dem rechtseitigen kurzen Fühler öffnet. Bei der Begattung wird der kurze gemeinschaftliche Kanal nach aussen umgestülpt und der in einem kurzen blindsackigen Anhang gebildete kalkig harte Liebespfeil ausgetrieben, mit welchem sie sich gegenseitig zu verwunden suchen; er steht mit dem Körper in keinem festen Verband, bleibt deshalb im Körper des Gegners stecken oder fällt zu Boden. Der Penis wird gleichfalls durch Umstülpung nach aussen entwickelt und in die weibliche Oeffnung eingeschoben. Während der Begattung liegen sie Sohle auf Sohle fest aneinander. Die Eier, welche sie klümpchenweise unter Laub und Moos in ein Erdloch ablegen, sind verhältnissmässig gross (ca. 5—6 Millimeter im Durchmesser), kugelrund, mit einer lederartig harten undurchsichtigen, mit Kalkhöckerchen besetzten Schale

versehen und entwickeln sich je nach der Temperatur in 21 bis 45 Tagen. Die Jungen sind nach 12 Monaten schon ausgewachsen. In der Regel scheinen sich die Schnecken zweimal im Jahre fortzupflanzen.

Ausser der Verwendung in den Apotheken bilden die Weinbergschnecken noch ein sehr beliebtes Nahrungsmittel, besonders in katholischen Gegenden als Fastenspeise. Zu diesem Behuf werden sie nicht blos gesammelt, sondern auch massenhaft in eigenen Schneckenplantagen gezüchtet und gemästet. Sie sind jedoch nur in zugedeckeltem Zustand zu geniessen, da sie ausserdem zu schleimig sind und einen widerlichen Erdgeschmack haben.

Die Wegschnecke (Arion empiricorum) ist unsere gemeinste Nacktschnecke, die in vielen Farbennüancen vom hellsten Gelbroth bis zu Braunschwarz vorkommt und an den vielen feinen schwarzen Linien des Sohlenrandes erkannt wird. Sie lebt an feuchten geschützten Oertlichkeiten, in feuchten Wäldern, Wiesen, Hecken und Gärten, wo sie unter Steinen, Blättern, Moos und in Baumspalten sitzt, bis feuchte Witterung oder die Morgen- und Abendfrische sie hervorlockt. Ihren Winterschlaf, der kürzer dauert als bei der Weinbergschnecke, halten sie zusammengerollt in hohlen Bäumen und Erdlöchern. Ihre Nahrung ist etwas unappetitlicher als die der Weinbergschnecke, denn sie frisst nicht nur weiche Pflanzenstoffe, besonders Pilze und Obst, sondern auch faulende Pflanzen, Aas und mit grosser Vorliebe Menschenkoth. Die Geschlechtsöffnung liegt rechtseitig unter dem Athemloch und auch sie begatten sich als Zwitter gegenseitig; der Liebespfeil fehlt ihnen. Im Mai und Juni legen sie ihre anfangs durchscheinenden, später undurchsichtigen und gelblich werdenden länglich runden Eier zu 20—30 Stück gehäuft unter Steine oder blos auf die Erde an feuchten Stellen; sie werden nicht gegessen, sondern nur zu der Bereitung der obengenannten Gallerttafeln verwendet.

II. Materialzerstörer.

Vierfüssler (Mammalia).

Unter den warmblütigen Vierfüsslern werden die Mäuse und Ratten in den Magazinen der Apotheken ebenso lästig und schädlich wie in den Haushaltungen überhaupt.

Die gemeinste und zudringlichste ist die Hausmaus (Mus musculus), ein ohne den ebenso langen Schwanz etwa kleinfingerlanges Thierchen von russgrauer Farbe, bei dem die Unterseite kaum lichter gefärbt ist als die Oberseite; ausnahmsweise trifft man auch einmal eine hell lederbraune Spielart darunter. Die Hausmaus findet sich fast auf der ganzen bewohnten Erde, aber überall in der Gesellschaft des Menschen, so dass Niemand zu sagen weiss, wo ihre ursprüngliche Heimath ist. In Europa z. B. kennt man sie schon seit den ältesten Zeiten. Dennoch muss angenommen werden, dass die Hausmaus das, was sie heute ist, erst durch den Menschen geworden ist und dass es diesfalls mit ihr eine ganz ähnliche Bewandtniss hat wie mit den nachher zu besprechenden Ratten. In Europa trifft man sie fast nur in menschlichen Wohnungen, namentlich gilt dies von der kalten Jahreszeit, in der warmen dagegen sieht man sie auch in den benachbarten Höfen, Gärten und Feldern, allein nie weit weg von ihrer eigentlichen Heimath, dem Haus. In letzterem hält sie sich lieber in den trockeneren, über der Erde liegenden Theilen auf als in den feuchteren unterirdischen. Was sie weiter liebt, ist die Wärme, und das hat zur Folge, dass sie mit Anbruch der kalten Jahreszeit sich sehr gern nach den geheizten Theilen der Gebäude zieht. Ihre liebsten Aufenthaltsorte sind natürlich die, wo sie neben Wärme und Trockenheit noch zusagende Nahrung findet. Im Allgemeinen ist sie ein nächtliches Höhlenthier, das in der Regel nur bei Nacht seine Schlupfwinkel verlässt und auf Nahrung ausgeht; allein in unbewohnten, namentlich dunklen Räumen ist sie oft genug auch bei Tage in voller Thätigkeit. Ihre beliebtesten

Schlupfwinkel sind die Zwischenräume zwischen den Fussböden, die Spalträume hinter Vertäfelungen und die Zwischenräume, welche durch Möbel, Kisten etc. zwischen diesen und den Gebäudewänden gebildet werden. Die Löcher, welche zu ihren Schlupfwinkeln führen, sind fast immer in dem Winkel angebracht, unter welchem Wände und Fussboden zusammenstossen, und speziell wieder in dem Winkel, den zwei Wände mit einander und dem Fussboden bilden. Weiter legen sie ihr Loch immer unter Deckung durch irgend ein Geräthe, das an der Wand steht, an.

Um ihr Wochenbett abzuhalten, was drei- bis fünfmal im Jahr geschieht, werden sie oft noch zudringlicher, indem sie sich in gepolsterten Möbeln, Bettmatrazen, Bücherschränken, selten geöffneten Schubladen, Kleiderkästen etc. aus den dort vorräthigen weichen Stoffen ihr Nest herrichten; andernfalls ziehen sie Papierstückchen, Gewebsfetzen und dergleichen in ihre Löcher, zerbeissen sie fein und formen ein sehr umfängliches Nest daraus, in welchem sie 5—8 nackte blinde Junge werfen, von denen die der ersten Würfe noch im gleichen Jahre sich selbst wieder fortpflanzen. Das ergiebt natürlich eine ganz ungeheure Vermehrungsfähigkeit, die den Menschen zwingt, derselben unausgesetzt Abbruch zu thun, wenn nicht Alles zerfressen werden soll.

Zur Nahrung ist der Hausmaus eigentlich Alles recht, was auch der Mensch geniesst, sowohl die Rohmaterialien als auch die fertigen Speisen. Den grössten Theil ihrer Nahrung bilden wohl die Körnerfrüchte und Mehlspeisen, allein mit besonderer Gier fallen sie über Fettstoffe (Speck, Butter, Unschlitt, Schmalz etc.) her. Von Fleisch ist ihnen gekochtes lieber als rohes. Von eigentlichen Apothekerwaaren gehen sie der Nahrung wegen eigentlich nicht an vielerlei. Am liebsten fressen sie Salben, jedoch nur solche, welche weder Wachs- noch Terpentinzusatz haben, dann die thierischen Blasen, mit welchen die Töpfe zugebunden werden, ferner Mandeln, Mandelkleie, Malz und einige Sämereien. Weit mehr verderben sie theils durch Verunreinigung mit Harn und Koth, theils durch Benagen. Bei letzterem zeigen sie eine auch sonst bemerkbare Vorliebe für Papier und zerstören so die Enveloppen von allen möglichen Gegenständen.

Von Ratten besitzt Europa zwei Arten: die schwarze Ratte oder Hausratte (Mus rattus) und die Wanderratte (Mus decumanus). Die Hausratte ist einfarbig rauchschwarz wie die Hausmaus, die Wanderratte oben bräunlichgrau, unten weisslich; der Schwanz der ersteren ist länger als der Körper, der der letzteren kürzer; endlich wird die Hausratte nie über handlang, was bei der ausgewachsenen Wanderratte stets der Fall ist.

Im Gegensatz zur Hausmaus, die sich schon in vorgeschichtlicher Zeit dem Menschen anschloss, fällt die Geschichte der Ratten

in die historische. Zur Zeit der Griechen und Römer gab es noch keine Ratten in Europa, denn solche werden nirgends in deren Schriften erwähnt; zum erstenmal taucht sie, als deutsches Thier, in den Schriften des gelehrten Albertus Magnus auf, der im 12. Jahrhundert schrieb, und zwar ist das die Hausratte. Wenn nun auch über ihre Herkunft geschichtliche Angaben fehlen, ist dieselbe neuerdings doch ziemlich sichergestellt. In Egypten lebt nämlich eine Rattenart (Mus alexandrinus), die in Allem unserer Hausratte gleicht bis auf die Farbe, denn sie ist oben braungrau, unten licht, also wie unsere Wanderratte. Dieser Unterschied wird nun schon dadurch ausgeglichen, dass man, namentlich in Italien, öfters Hausratten von derselben Färbung wie die egyptische trifft, und zur weiteren Erklärung nimmt man Folgendes an.

Bei sehr vielen Thierarten sieht man auch im Freileben zweierlei entgegengesetzte Farbenspielarten auftreten, einerseits weisse oder weissgefleckte (sogenannte Leucisten oder Albinos), andererseits schwarze oder russschwarze (sogenannte Melanisten), und weiter weiss man, dass solche Spielarten häufig ihre Eigenthümlichkeit auf ihre Nachkommen vererben. Die Descendenzlehre zeigt uns nun, dass das Fixirtwerden einer bestimmten Farbe dann erfolgt, wenn das Thier durch sie beschützt ist. Vergleicht man die Lebensweise der egyptischen und europäischen Hausratte, so springt sofort in die Augen, dass die erstere durch ein erdfarbiges Kleid besser beschützt ist als durch ein dunkles. Die egyptische Ratte lebt nämlich einmal im Freien in den Obstgärten und auf den Bäumen, wo selbstverständlich Erd- und Rindenbraun die beste Schutzfarbe ist. Fürs Zweite bewohnt sie auch die Gebäude, allein da in Egypten die Häuser keine geschlossenen Dachräume haben, sondern die offene, mit Lehm gepflasterte Terrasse in diesem fast regenlosen Lande ihre Stelle vertritt, so lebt auch hier die Ratte — denn allen Berichten zufolge hält sie sich vorzugsweise auf den Terrassen auf — unter Umständen, wo Erdbraun für sie die beste Schutzfarbe ist. Anders sind nun die Verhältnisse in Europa. Hier lebt die Hausratte blos in den Häusern und zwar im Gegensatz zur Wanderratte, welche unterirdische und ebenerdige Räume vorzieht, immer oben in den Häusern, also im dunkeln Dachraum. Hier ist eine russgraue Färbung ein weit besserer Schutz als das lichte Erdbraun. Sobald nun in Europa eine russgraue Spielart auftrat, musste der Katze gegenüber ein ähnliches Verhältniss zwischen der erdbraunen Urrasse und der dunkeln Spielart eintreten, wie es bei den weissen und blauen Tauben gegenüber dem Habicht ist: die erdbraune als die augenfälligere ist der Vernichtung mehr ausgesetzt als die dunkle und sobald das lange genug dauert, muss die erdbraune Urrasse

gänzlich verschwinden. Es ist nun interessant, dass neuerdings auch bei der erdbraunen Wanderratte dunkle Spielarten auftauchen und wir dürfen deshalb auch bei ihr die schliessliche Annahme der dunkeln Farbe unserer Hausratte und Hausmaus prophezeien, obwohl es bei ihr sicher nicht so schnell gehen wird, da sie sich sehr gern auch ausser den Gebäuden, in Hofräumen, auf Düngstätten etc. herumtreibt. Den Umstand, dass man, wie oben bemerkt, öfter auch bei der Hausmaus eine erdbraune Spielart sieht, dürfen wir nach dem Obigen als einen Fingerzeig ansehen, dass auch die Hausmaus ursprünglich erdbraun war und ihre schwarze Farbe demselben Prozess der natürlichen Anpassung verdankt.

Nachdem bis in das vorige Jahrhundert herein die Hausratte die einzige in Europa bekannte Rattenart war, bemerkte man im Jahr 1727, wie eine Schaar bisher unbekannter Ratten über die Wolga schwimmend in Russland erschien. Es war die Wanderratte, die sich nun von hier aus allmählig westwärts verbreitete und jetzt fast in ganz Europa eingenistet hat. Diese Invasion ging aber nicht glatt ab, sie war der Beginn eines heftigen Concurrenzkampfes zwischen dem stärkeren grösseren Eindringling und der schmächtigeren schwächeren Hausratte, der überall da, wo sie aufeinander trafen, zur Vernichtung der letzteren geführt hat. So kommt es, dass man wohl nirgends diese beiden Rattenarten beisammen findet und dass speziell die Hausratte in Deutschland nur noch an verhältnissmässig wenigen isolirten Orten anzutreffen ist, während die Wanderratte über den grössten Theil von Europa uneingeschränkt herrscht.

Die Hausratte liebt gleich der Hausmaus Wärme und Trockenheit und dazu kommt eine von Egypten noch mitgebrachte Kletterfähigkeit und Vorliebe für hohe Wohnsitze. Alles dies weist sie auf die oberen Theile der Gebäude, die Dachräume. Hier haust sie denn auch fast immer und bewegt sich mit einer Gewandtheit, welche der des Eichhorns wenig nachgiebt. Im Vergleich zur Wanderratte ist sie ein friedfertiges harmloses Thierchen von gefälligen Manieren und ihre Nahrung ist so ziemlich dieselbe wie die der Hausmaus.

Die Wanderratte unterscheidet sich in der Lebensweise von der vorigen nicht unerheblich. Ihre Schlupfwinkel wählt sie weit lieber in Stallungen, Kellern, Unrathskanälen, ebenerdigen Magazinen und liebt nicht nur feuchte Räume, sondern geht unbedenklich ins Wasser, wo sie vortrefflich schwimmt und taucht und auf dem Grund des Wassers dahinläuft. In ihrem Betragen ist sie wild, jähzornig, aggressiv und bissig. Nie sieht man sie in harmlosem Spiel miteinander, so wie es Hausratte und Hausmaus thun, dagegen oft genug in heftigem, tödtlich endendem Kampf, wobei die Besiegte aufgefressen wird. Auch gegen andere Thiere gehen

sie angreifend zu Werke und sind deshalb wahre Raubthiere. Tauben, Hühner, Gänse, Enten, Kaninchen, Zimmervögel haben an ihr einen noch viel gefährlicheren Feind als an Marder, Iltis und Wiesel, sobald sie einmal Blut gekostet hat; ja sie greift sogar grössere Thiere an, wie es z. B. gar nicht so selten ist, dass sie gemästeten Schweinen bei lebendigem Leibe Löcher in den Leib frisst. Ueberhaupt sind sie weit mehr Fleischfresser als alle anderen Ratten und Mäuse und deshalb bewohnen sie Schlachthäuser mit ganz besonderer Vorliebe in oft unglaublicher Menge. Sie sind es auch, welche Leichen anfressen und in den Materialkammern der Apotheken stellen sie besonders den Schweinsblasen nach, mit denen die Töpfe zugebunden werden.

Von der Fortpflanzung der Ratten gilt so ziemlich dasselbe wie von der der Mäuse, die Wanderratte ist eher noch fruchtbarer, denn ich habe in ihrem Eileiter bis 12 Junge angetroffen.

Was nun den Schutz gegen die Ratten und Mäuse betrifft, so haben wir es mit zweierlei zu thun: mit der Vertilgung und der Abhaltung. Die Vertilgung bewerkstelligt man am raschesten mit Giften und unter diesen ist das allerwirksamste der Phosphorteig, während die mit Strychninlösung getränkten Weizen- oder Hanfkörner entschieden unzuverlässig sind, auch bei sorgfältigster Bereitung. Ersteren nehmen sie unfehlbar, letztere werden sehr oft völlig ignorirt. Zudem hat die Anwendung von Giften in den Materialkammern der Apotheken keinerlei Missstände im Gefolge. Das Abfangen mit Fallen ist dem gegenüber umständlich und lange nicht so radikal, da sie die Fallen schnell kennen lernen und dann nicht mehr hineingehen.

Wesentlicher als die Vertilgung ist die Abhaltung und hiefür gilt Folgendes. Wie früher gesagt wurde, erfolgt das Eindringen der Ratten und Mäuse fast immer da, wo Wände und Fussboden zusammenstossen, und dies ist nicht blos psychologisch, sondern auch technisch natürlich, indem bei der gewöhnlichen Bauart Wand und Fussboden zwei getrennte, nur lose und schlecht vereinigte Theile sind. Diesem Uebelstand ist bei Erbauung von Magazinen dadurch leicht abzuhelfen, dass im Mauerwerk der Wände in Bodenhöhe eine Lage sorgfältig gearbeiteter Quadersteine herumläuft, die mit einem eingemeiselten Falze von ca. 5 Centimeter Tiefe zur Aufnahme der die Pflasterung bildenden Stein- oder Ziegelplatten versehen sind; dass bei Vornahme der Bodenpflasterung zuerst die in die Wand einzufügenden Platten rundum sorgfältig gelegt werden und dass der Abschluss der Pflasterung, wo allenfalls Stückelung nöthig wird, dieselbe nie am Rande, sondern in der Mitte des Raumes erfolgt. Denn wenn auch an letzterem Orte das Pflaster eine wunde Stelle hat, so wird es nichts schaden, weil keiner Maus oder Ratte es einfällt, hier zu graben, endlich

weil selbst in diesem sehr unwahrscheinlichen Falle das Loch sofort bemerkt wird, was in den gewöhnlich verstellten Winkeln nicht der Fall ist.

In Apotheken auf dem Lande dringt hier und da auch die Hausspitzmaus (Sorex araneus) in die Materialkammern. Sie ist kleiner, schlanker und kurzschwänziger als die Hausmaus, mit rüsselartig verlängerter Schnauze, sehr kleinen Augen, weissem, dem eines Raubthiers ähnelndem Gebiss, oben dunkelbraun, unten weiss. Die Spitzmäuse gehören bekanntlich nicht zu den Nagethieren, sondern bilden mit Maulwurf, Igel etc. die Familie der Insektivoren, die durch ein ganz eigenthümliches Gebiss ausgezeichnet und vorzugsweise Fleischfresser, insbesondere Insektenfresser sind. Die Hausspitzmaus ist kein eigentliches Hausthier, sondern lebt mehr in den Umgebungen der Häuser, in Gärten, Hecken etc., von wo sie nur gelegentlich in die Häuser selbst kommt, um theils dem Hausungeziefer, wie Küchenschaben, Heimchen, Mehlwürmern etc, nachzustellen, theils an Fett- und Fleischwaaren zu naschen.

Die Speckkäfer (Dermestiden).

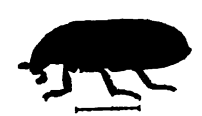
Diese wenig artenreiche Käferfamilie ist in mehreren ihrer Mitgliedern ein nicht unwichtiger Bestandtheil unseres Hausungeziefers, indem sich die Larven derselben von allen möglichen thierischen Resten, namentlich gern von getrockneten nähren. Für den Apotheker werden sie dadurch ärgerlich, dass sie den getrockneten Thierblasen mit ganz besonderem Eifer nachstellen; gelegentlich geschieht es auch einmal, dass sie hinter die Cantharidenvorräthe kommen und dieselben nach allen Richtungen durchfressen. Den Fettwaaren sind sie gleichfalls gefährlich, aber mehr den festeren und am liebsten den rohen Fetten, die noch von stickstoffhaltigen Gewebsbestandtheilen durchsetzt sind, also dem Speck. Sonst finden sie in den Häusern Nahrung an Wollstoffen, Pelzwaaren, Federn, alten Knochen etc. und für Insektensammlungen giebt es keine grösseren Feinde als sie. Den Hauptfrass vollführen jedoch meist die Larven; die Käfer bleiben nur zum Theil (namentlich die grösseren Arten der Gattung Dermestes) in den Häusern, die Arten der Gattung Attagenus und Anthrenus verlassen nach der Eiablage ihre Schlupfwinkel und suchen durch die offenen Fenster zu entwischen, weshalb man sie im Frühjahr so oft entweder an den geschlossenen Fenstern herumlaufen sieht oder todt auf dem Fenstergesims und anstossenden Spinnengeweben findet. Im Freien sind blühende Gesträuche ihr Ziel, besonders Spierstauden, Rainweiden, Rosen, Weissdorn, Zwetschen, Schirmblumen etc., wo man sie oft in beträchtlichen Mengen in Gesell-

schaft der unzähligen stahlblauen oder stahlgrünen winzigen Rapsglanzkäferchen den Blüthenstaub verzehren sieht und unter anderm daran kennt, dass sie sich bei Berührung sofort todtstellen.

Die Larven der Speckkäfer sind natürlich flügellos, geringelt, mit sechs kurzen Beinchen versehen, entweder fast ganz braun (Attagenus) oder abwechselnd dunkelbraun und weissgelb geringelt (Anthrenus und Dermestes) und immer auffallend dicht und lang behaart. — Die Larven der Anthrenusarten haben einen gedrungenen Leib und sind dicht mit röthlichbraunen Haarbürstchen besetzt, die nach hinten zu allmählig länger und stärker werden und die sie bei Berührung aufsträuben; sie sind sehr träge und entfliehen bei Belästigung nicht. Bei der Verwandlung bleibt die Puppe in der Larvenhaut stecken, jedoch springt die letztere auf dem Rücken der ganzen Länge nach auf. — Die Larven der Gattungen Dermestes und Attagenus sind gestreckter (fischchenartig), laufen ruckweise und sind viel flinker in ihren Bewegungen, so dass sie sich den haschenden Fingern leicht entziehen. Die Larven von Attagenus sind am grössten Theil des Leibes mit kurzen, aber ziemlich dichten goldbraunen Borsten und nur hinten mit einem lockern Pinsel sehr langer gelbbrauner Haare versehen. Die von der Gattung Dermestes sind am ganzen Leibe mit langen strahligen Haarpinseln besetzt, unter denen die am hintern Leibesende besonders lang sind; auch die des Kopfes sind länger als die an den mittleren Leibesabschnitten. Bei ihnen erfolgt die Verpuppung gleichfalls in der am Rücken geplatzten Larvenhaut, aus deren Spalt nur der vordere breite Theil der weisslichen, hinten der Quere nach braungestrichelten Puppe hervorsieht.

Ueber die Entwicklungszeit gilt Folgendes: Die Anthrenusarten verpuppen sich Ende Mai, Anfang Juni, und nach einigen Tagen, also im Juni, erscheint der Käfer, um sich sofort ins Freie zu begeben; ob die Käfer vorher ihre Eier ablegen oder nachher noch einmal zu diesem Behuf in die Häuser zurückkehren, kann ich nicht angeben. — Bei Attagenus erfolgt die Verwandlung zum Käfer im September und letzterer bleibt wahrscheinlich, ohne vorher ins Freie zu gehen, in unseren Häusern über Winter. Der Ausflug erfolgt im April und Mai und dann kann man sie zu Hunderten auf den Blüthen finden, wo sie sich auch begatten. Zur Brutablage geht er dann wieder in die Häuser. — Bei Dermestes erfolgt die Verwandlung ebenfalls im September und der Käfer bleibt den ganzen Winter im Haus, meist ohne etwas zu fressen. Erst im Frühjahr beginnt er seinen Frass, aber im Gegensatz zu den vorigen nicht im Freien auf Blüthen, sondern er nährt sich ganz wie die Larve von thierischen Resten, ohne jedoch so gefrässig zu sein wie die Larve. Die Eiablage beginnt im Mai und im Sommer trifft man dann Larven und Käfer in gemeinschaftlicher

Thätigkeit. Die verschiedenen Speckkäferarten dürften nach folgendem leicht zu erkennen sein. Die Arten der Gattung Dermestes und Attagenus haben einen gestreckten, fast parallelrandigen, vorn und hinten abgerundeten Leib, der Brustschild ist so breit wie die Flügeldecken, die Fühler haben verdickte Endglieder und die Länge des Leibes beträgt immer über 4 Mm. Unterschieden werden die beiden Gattungen dadurch, dass Attagenus ein drittes sogenanntes Nebenauge auf der Stirn hat, Dermestes nicht. Die Gattung Anthrenus erreicht in keiner Art eine Länge von 4 Mm. und hat eine viel kugligere Figur als die vorigen. Die gemeinsten Arten in Häusern sind folgende:



Speckkäfer (Dermestes lardarius).



Speckkäfer (Anthrenus scrophulariae.)

Dermestes lardarius, 6—7 Mm., ist mattschwarz und hat quer über die Decken eine breite, hinten gezackte, dicht braungrau behaarte Binde, in der je drei schwarze Punkte stehen.

Attagenius pellio, 4—5 Mm., ist oben schwarz, öfter auch bräunlich und trägt auf jeder Decke einen weissen aus Härchen gebildeten Punkt.

Anthrenus musaeorum, 2—2½ Mm., mit 8gliedrigen Fühlern, ist schwarz, oben gelb gesprenkelt unten grau behaart; die Decken haben drei wellenförmige hellgraue Querbinden. Sie ist die gemeinste Art in Häusern.

Die anderen Anthrenus-Arten haben 11gliedrige Fühler; davon kennt man Anthr. scrophulariae, 3 Mm., an der rothen Flügeldeckennath; Anthr. pimpinellae, 2½—3½ Mm., ist oben schwarz, gelb und weiss gescheckt, die Decken haben eine breite weisse buchtige Binde hinter der Wurzel und dahinter einige zerstreute weissliche Flecke; Anthr. varius, 2—3 Mm., ist oben graugelb, unten weisslich beschuppt, die Decken haben drei wellenförmige weissliche Binden und die Beine sind schwarz.

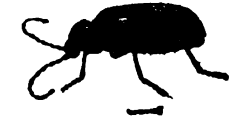
Mittel gegen die Speckkäfer ist, wo es angeht, das Vergiften der von ihnen heimgesuchten Gegenstände. Wo dies unzulässig, bleibt sorgfältige Verwahrung das einzige und hiebei ist wichtig zu wissen, dass Leinwand für Käfer und Larven undurchdringlich ist; es genügt also die Aufbewahrung der gefährdeten Gegenstände in gut zugebundenen leinenen Säcken. Haben sie sich irgendwo eingenistet, so ist zur Abtödtung Schwefelalkohol das beste Mittel: man bringt die befallenen Gegenstände in einen möglichst luftdicht zu schliessenden Raum zugleich mit einem offenen Fläschchen genannten Mittels und lässt den Dunst circa 24 Stunden einwirken.

Anhang: Gelegentlich mag es wohl vorkommen, dass ein

oder die andere Art von Leimkäfern (Corynetes) sich an getrocknete Schweinsblasen und Speck vergreift. Die Käfer sind nicht über 4½ Mm. lang, der Halsschild ist viel schmäler, als die beiden Decken zusammen, die Fühler geknöpft und die Farbe ganz stahlblau oder stahlblau mit rothen Abzeichen. Endlich greift auch die Nitidula bipustulata, ein breit eiförmiger 4 Mm. langer, schwarzer, fein schwarzbehaarter Käfer, mit je einer rothen Deckmacktel, derlei thierische Reste in Häusern an.

Die Diebkäfer (Ptinus).

Diese Käfergattung liefert die gemeinste Art von Materialzerstörern in Häusern, den Ptinus fur, und gelegentlich trifft man in gleicher Beschäftigung noch drei andere Arten derselben Gattung: Pt. imperialis, latro und crenatus, während die andern Arten der Gattung im trocknen Holz oder in der trocknen Rinde der Bäume hausen. Auch die vorgenannten benützen den zuletzt angegebenen Standort und den Pt. fur trifft man oft genug in hohlen Eichen und seine Larve in der Rinde alter dumpfliegender Hölzer oder den sie bedeckenden Flechtenpolstern. In den Häusern führen die Diebkäfer eine sehr universelle Lebensweise. Sie fressen nicht nur fast alles, was auch die Speckkäfer angreifen, namentlich Pelzwaaren und getrocknete Insekten, sondern auch alle möglichen Pflanzenstoffe: trockenes altes Brod, Rollgerste, verdumpftes Getreide, dürre Mehlspeisen, Küchenabfälle, dürres Obst, gedörrte Bohnen, Herbarien, Tabaksvorräthe, namentlich aber eine Reihe der Wurzeln, welche die Apotheken führen, und in den Bibliotheken vergreifen sie sich an den Büchereinbänden. Die Larven der Diebkäfer sind weissliche walzige halbmondförmige, zart beborstete Maden mit 6 sehr kleinen zum Gehen nicht brauchbaren Füsschen und einem hornigen Kopf. Im Juli und August werden sie reif, fertigen aus Geschabsel ihres Frassgegenstandes einen kleinen tonnenförmigen Cocon zur Verpuppung und suchen denselben noch dadurch zu verbergen, dass sie mehrere grössere Frassstückchen rings um denselben festkleben. Ende August trifft man bereits fertige Käfer und noch Puppen. Die Käfer bleiben in den Häusern, sind bei Tage träge, ohne jedoch gerade sich immer in Schlupfwinkeln zu verbergen; um so lebhafter werden sie Nachts und gehen mit grossem Eifer ihrer Nahrung nach. In den Haushaltungen trifft man sie am häufigsten auf den Abtritten, in Speisekammern und Esszimmern und eigentlich fast das ganze Jahr; man kann sie selbst mitten im Winter umherlaufen sehen. Die Eier werden offenbar einzeln abgelegt und wohl meist im Frühjahr. Die Generation ist einjährig.


Diebkäfer (Ptinus fur.)

Die Käferchen sind 2½—4 Mm. lang, haben lange perlschnurförmige Fühlhörner, Hinterleib und Brustschild sind jedes für sich abgerundet, so dass beide scharf von einander abgesetzt sind, der Halsschild hat oben 2 oder 4 eigenthümliche Höcker und die Beine sind ziemlich lang. Männchen und Weibchen sind in ihrer äusseren Gestalt erheblich verschieden: beim Weibchen ist der Hinterleib hochgewölbt und gestreckt eiförmig, beim Männchen flacher, gestreckter und fast parallelrandig. Die Grundfarbe ist bei allen Arten braun, Pt. imperialis trägt auf den Decken die Spitze, eine Schultermackel und eine breite Querbinde weiss, Pt. fur hat auf den Decken zwei weisse Querbinden, die jedoch bei älteren Exemplaren häufig ganz abgewischt sind, da sie aus Härchen bestehen; die zwei folgenden Arten sind einfarbig braun und unterscheiden sich leicht durch die Grösse: Pt. latro ist 3—3½ Mm., Pt. crenatus nie über 2 Mm. lang.

Der Schutz gegen die Diebkäfer beruht wesentlich in der geeigneten Aufbewahrung der gefährdeten Gegenstände und es gilt hier dasselbe wie von den Speckkäfern: in zugebundene Leinwandsäcke können weder Larven noch Käfer eindringen. Die letzteren kann man auch recht leicht abfangen; wenn man feuchte Leinwandlappen oder angefeuchtete Pflanzenstengel über Nacht auslegt, so findet man morgens die Käfer daran, um sich den Durst zu löschen, und kann sie leicht tödten.

Die Trutzkäfer (Anobium).

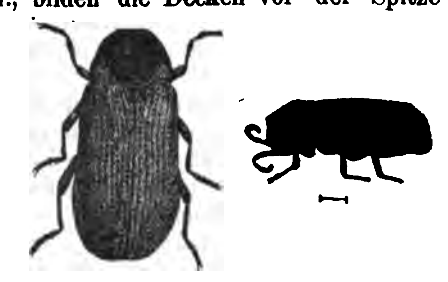
Diese Käfergattung gehört zu den Käfern mit 5gliedrigen Fussendstücken (Tarsen), hat einen fünfringligen Hinterleib, nicht gekniete fädige Fühler, deren drei letzte Glieder lang und breit gedrückt und öfter zusammen länger sind, als der ganze übrige Theil der Fühler. Der Kopf ist unter dem Brustschild versteckt, welch letzeres sich kapuzenartig vorwölbt, der Leib ist ziemlich walzig und die Käfer stellen sich gerne todt.

Die Larven der Trutzkäfer ähneln sehr denen der Diebkäfer, sie sind wie diese knackwurstförmig gebogen, fein beborstet, weisslich mit sechs winzigen Füsschen, allein man unterscheidet sie von den vorigen daran, dass der Leib gegen den Kopf hin allmählig und deutlich dicker wird. Der Kopf ist licht mit braunem Mund. Gehen können sie nicht.

Ihrer Lebensweise nach zerfallen die hier in Betracht kommenden Arten in zwei Gruppen. Die erste Gruppe wird von einer einzigen Art, dem Brotkäfer (Anobium paniceum) gebildet. Er ist 2—2⅔ Mm. lang, kurzwalzig, etwas niedergedrückt, mit punktirt-gestreiften Decken, röthlich-braun, fein und ziemlich dicht behaart. Der Brotkäfer und seine Larve leben nur von weicheren Pflanzenstoffen und sind vielseitige Feinde der Apotheken, da sie

fast alle getrockneten Pflanzenstoffe zerstören. Besonders gefährlich sind sie den Wurzelvorräthen, die sie fast ohne Ausnahme angehen, am häufigsten allerdings zerfressen sie die Rhabarberwurzeln, auch die Theespezies, Oblaten, altes Brod, Confekt, die Pappe der Schachteln, getrocknete Früchte etc. sind ihnen recht. In den Herbarien fressen sie fast ohne Wahl alles und zerstören sie, wenn man sie nicht stört, allmählig vollständig; auch Büchereinbände werden des Kleisters wegen angefressen. Die Verwandlungszeit scheint an keine feste Jahresperiode gebunden zu sein, denn man trifft fast das ganze Jahr Larven, Puppen und Käfer und selten einzeln wie den Diebkäfer, sondern meist colonienweise, so dass oft Larve an Larve in dem Frassgegenstand steckt. Auch gegen den Brotkäfer ist die Aufbewahrung der gefährdeten Gegenstände in Leinwandsäckchen Universalmittel und eigentlich das einzige, da hier Vergiftung der Frassgegenstände unzulässig ist.

Die übrigen hier in Betracht kommenden Arten sind Bewohner des todten Holzes. Davon gehen zwei Arten vorzüglich an Laubhölzer. Beide haben punktirt gestreifte Decken, einen gehöckerten Halsschild, sind pechbraun bis schwarz, äusserst kurz und fein behaart und glanzlos. Die häufigste Art, A. striatum, $2^2/_3$—4 Mm. lang, hat vollkommen abgerundete Flügeldecken; bei A. pertinax, $4^1/_2$—$5^1/_2$ Mm., bilden die Decken vor der Spitze einen sehr stumpfen Winkel und der Halsschildhinterrand hat jederzeit eine Mackel aus dichten gelben Haaren. Im Nadelholz, wenn auch vielleicht nicht ausschliesslich, haust A. molle, 3—4 Mm., länglich walzig röthlichbraun mit fein und dicht aber unregelmässig punktirten Decken, überall sehr fein grau behaart.



Trutzkäfer (Anobium striatum) von oben und von der Seite.

Von einem oder beiden der zuerst genannten Arten rührt jenes eigenthümliche unter dem Namen „Todtenuhr“ bekannte pickende Geräusch in altem Holzwerk her. Es bedeutet den Paarungsruf dieser Thierchen und wird dadurch hervorgebracht, dass der Käfer knipsend die Kiefer gegen das Holz schlägt.

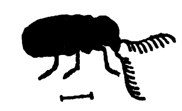
Die Eier werden offenbar nur von aussen in schon vorhandene Ritzen eingeschoben und die Larve frisst innerlich ohne sich von aussen zu verrathen. Erst der Käfer bohrt sich mit einem runden Loch heraus und man sieht ihn vom Frühjahr bis in den August. Im Juni scheint die Hauptzeit für den Käfer zu sein, da er in diesem Monat in Begattung getroffen wird. Sind einmal

Käferfluglöcher vorhanden, so verräth sich öfters auch die Larve durch das feine Holzmehl, das aus denselben hervorrinnt.

Von Mitteln gegen die Holztrutzkäfer ist nicht viel erfreuliches zu berichten. Man kann sie allerdings dadurch tödten, dass man die befressenen Hölzer einige Tage in den Dunst von Schwefelalkohol legt, allein da dies in hermetisch verschlossenen Gefässen gemacht werden muss, so ist dieses Mittel nur einer beschränkten Anwendung fähig und für alles Andere sind die Thiere in ihren Gängen unerreichbar. Vorbeugemittel ist, dass man das Werkholz bald entrindet, sehr trocken aufbewahrt und Holzwerkzeuge, die wenig gebraucht werden, nicht an dumpfen Orten liegen lässt. Schränke aus Holz werden durch guten, öfters wiederholten Oelanstrich, aber freilich nicht vollständig beschützt.

Der Kammbohrkäfer (Ptilinus pectinicornis).

Dieser Käfer, der in die gleiche Familie gehört wie die Trutzkäfer, ist an den lang gekämmten Fühlern des Männchens leicht zu erkennen. Er ist 4—5 Mm. lang und entweder ganz braun oder schwarz mit braunen Decken, der Körper hat eine walzige Gestalt und der Kopf ist gleichfalls unter den Halsschild zurückgezogen.



Kammbohrkäfer (Ptilinus pectinicornis).

Der Käfer ist wie Anobium striatum ein Zerstörer von Geräthschaften und Mobiliar aus Harthölzern, unterscheidet sich aber vom vorigen dadurch, dass er das frisch gefällte Holz dem alten trocknen entschieden vorzieht und meist nur aus neuen Einrichtungen plötzlich hervorbricht, an deren Holz er schon im Wald gekommen ist. Zu einer dauernden Ansiedlung in den Häusern scheint es bei ihm nicht zu kommen.

Prof. Nördlinger sah aus chinesischer Rhabarberwurzel eine eigene Art der Gattung Ptilinus sich entwickeln, die er Pt. australis nennt, sie ist von der Grösse der vorigen, purpurschwarz und mit Ausnahme dreier Streifen hinter der Mitte der Flügeldecken mit graugelben Börstchen besetzt.

Die Flachkäfer (Cucujidae).

Diese Käferfamilie kennt man hauptsächlich an dem oft extrem flachgedrückten langgestreckten fast parallelrandigen Körper, der zwischen Halsschild und Hinterleib eine starke Einziehung hat. Von ihnen kommen hier zwei Gattungen in Betracht. Die Gattung Laemophloeus hat im männlichen Geschlecht viergliedrige Tarsen an den Hinterbeinen: Laem. ferrugineus, $2^1/_4$ Mm., ist gelbbraun fein behaart, Halsschild so lang als breit, jede Decke mit vier feinen Streifen; L. pusillus ist nur $1^1/_2$ Mm. lang, der

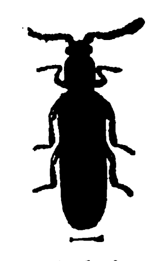
Halsschild breiter als lang und die Decken haben nur drei Streifen. Die Larven sind sehr gestreckt, ganz flach parallelrandig mit deutlichen Fühlhörnern und Füssen, fein beborstet mit einem ornamentirten letzten Körperring.

Bei der Gattung Sylvanus haben Männchen und Weibchen fünfgliedrige Hintertarsen und die einzig in Betracht kommende Art, S. frumentarius (von andern Lyctus frumentarius oder L. sexdentatus genannt) ist 3 Mm. lang, braun, fein behaart und hat jederseits am Halsschildrand 6 vorspringende Zähnchen.

Diese drei durch den Handel überall hin verbreiteten Arten trifft man namentlich häufig in aufgespeichertem Getreide, dann in Reis, alten Datteln und mancherlei Apothekerwaaren, besonders auch in Wurzelvorräthen, die sie zerfressen. Sie vermehren sich jedoch nur in ganz vernachlässigten Vorräthen stärker und der Frass ist nicht so lästig, da sie mehr oberflächlich abschaben als bohren. Durch Erhitzen der Gegenstände im Trockenofen können sie leicht vertilgt werden.

Die Geheimfresser (Cryptophagiden).

Diese Käfer sind schlank, langgestreckt und parallelrandig wie die vorigen, aber nicht so flachgedrückt. Von den zwei Gattungen, die hier angeführt werden müssen, hat die Gattung Lyctus an ihren elfgliedrigen Fühlern zwei grössere Endglieder, von denen das erste dreieckig, das zweite eiförmig ist; die Tarsen sind sämmtlich fünfgliedrig, allein das erste Glied ist sehr klein und grösstentheils in der Schiene versteckt. Die gewöhnliche Art ist der Splintkäfer (L. canaliculatus) 4—5 Mm., braun mit helleren Gliedmassen, reihweis behaarten Decken und parallelrandigem Halsschild, der eine breite Mittelfurche trägt; L. pubescens, der nur 3 Mm. lang ist und auf dem Halsschild eine Grube hat, ist wohl kaum ernstlich vom vorigen verschieden. Die Larve des Splintkäfers ist der der Trutzkäfer ähnlich, sehr stark gekrümmt, weiss, hellköpfig mit braunem Mund und sehr starken ersten Leibesringen. Sie ist einer der gefährlichsten Zerstörer alles Schreinwerks aus Hartholz, besonders wenn zu demselben Splintholz verwendet worden ist.



Splintkäfer (Lyctus canaliculatus).

Die Larve frisst stets hinter einer schützenden Decke von Holz, unter der sie mit der Zeit das ganze Holz in gelbes Wurmmehl verwandelt, so dass man es mit der Hand zerdrücken kann; sie verräth sich aber dadurch, dass sie durch eine äusserst feine kraterförmige Oeffnung in dieser Decke in fast regelmässigen Zeiträumen ein paar Körnchen eines feinen gelben Wurmmehls herausschiebt, so dass allmählig ein ganzes Häufchen daraus wird

und sich schliesslich der ganze Gegenstand auf der Oberfläche mit Holzmehl überzieht. Die Entwicklung des Käfers nimmt ein Jahr in Anspruch. Im März und April ist er reif, frisst bald darauf ein Ausflugloch, ohne aber sofort das Holz zu verlassen. Er sitzt jetzt öfters längere Zeit im Loch, höchst possirlich ein Fühlhorn hervorstreckend. Im Juni und Juli schwärmt er aus zur Begattung, legt beharrlich seine Eier wieder an das gleiche Holzstück, so lange bis dieses von den Larven völlig zerstört ist, dann erst werden andere Hölzer aufgesucht. Die Eier werden ohne Zweifel in Ritzen geschoben und es ist deshalb auch angestrichenes Schreinwerk nicht sicher vor ihm, sobald sich Sprünge eingestellt haben. Zu bekämpfen ist dieser Käfer sehr schwer. Das Vergiften der Hölzer hält sie nicht ab, da alle dazu verwendbaren Stoffe nicht tief genug eindringen. Dass er durch Hitze sehr schwer zu vertreiben ist, erfuhr ich, als ich vergeblich eine von ihm bewohnte zolldicke Stammscheibe so lange unter öfterem Umwenden auf dem Ofen erhitzte, bis ich sie kaum mehr anfassen konnte. Das beste ist, kein Splintholz zu verwenden, möglichst schnell den Anstrich zu bewerkstelligen und denselben zu wiederholen, sobald das Holz Sprünge erhält. Bei kleineren Geräthschaften dürfte er sich durch mehrtägiges Einlegen derselben in Schwefelalkoholdampf tödten lassen.

Die eigentlichen Geheimfresser (Cryptophagus) haben drei grössere Endglieder an ihren eilfgliedrigen Fühlern, die Tarsen der Hinterfüsse sind bei den Männchen nur 4gliedrig und dann sind alle Arten kleiner als 3 Mm. Die Larven sind gestreckt, walzig, 6füssig, mit einem vorstehenden, als Nachschieber verwendbaren After, das Afterschwert endet in zwei nach oben gekrümmte Hornspitzen und auf dem Leibe stehen einzelne feine Haare. Die Geheimfresser nähren sich vorzugsweise von Schimmel und kommen deshalb gelegentlich überall vor, wo sich Schimmel erzeugt, also in allen dumpfigen Lokalen, besonders den Kellern und an allen möglichen schimmelnden Gegenständen. Namentlich ist der glänzend rothbraune ziemlich flach fein und dichtbehaarte Cr. cellaris sehr häufig in Kellern an Fassspunden.

Die Schimmelkäfer (Lathridius).

Diese winzigen Käferchen (es wird keine Art über 2 Mm. lang) sind gestreckt, flach und leicht daran zu kennen, dass Kopf und Halsschild beträchtlich schmäler sind als der Hinterleib, und alle Füsse nur dreigliedrige Tarsen haben. Die Farbe ist fast bei allen Arten ein helleres oder dunkleres braun. Die winzigen Larven haben einen sehr gestreckt eiförmigen Körperumriss, 6 Füsse, lange wenig zahlreiche Borsten und hinter dem Aftersegment steht eine kleine Fleischwarze. Die Nahrung dieser Thierchen ist offen-

bar nur der Schimmel, denn man trifft sie fast nur an schimmligen Gegenständen; dass sie dann an letzeren selbst auch schaben, kommt wohl nicht in Betracht und geschieht sicher nur deshalb, weil sie eben von den Schimmelfäden durchwachsen sind.

Die Dunkelkäfer (Tenebrioniden).

Diese Käferfamilie gehört zu den heteromeren Käfern, d. h. denjenigen, die an den Hinterbeinen viergliedrige, an den übrigen fünfgliedrige Tarsen haben. Die Fussklauen sind einfach, die Fühler fadenförmig, die Hinterfüsse viel weiter von den Mittelfüssen weg eingepflanzt als die Vorderfüsse und der Körper ist länglich bis nahezu walzenförmig. Als Typus für die Larven kann die sogleich zu beschreibende des Mehlkäfers dienen.

Die verbreitetste Art dieser Familie ist der Mehlkäfer (Tenebrio molitor), 13—14 Mm. lang, gestreckt, parallelrandig, flachgewölbt, pechschwarz oder braun, schwach glänzend. Seine Larve ist der bekannte so vielfach als Singvogelfutter benützte „Mehlwurm", eine wurmförmig gestreckte, fast walzige harte glatte glänzend gelbe Larve mit gewölbtem Kopf, drei Paar kurzen viergliedrigen Beinen, deren Hinterleib in zwei feine Hornspitzen ausgeht. Die Käfer erscheinen im Juli, um welche Zeit man sie auf dem Boden der Zimmer, Kammern und Magazine herumlaufen sieht, aber meist erst Abends und die Nacht durch. Das Weibchen legt seine Eier in die Zimmerwinkel, Bodenspalten, Schrankspalten, wo Nahrungsstoff für sie zu finden ist. Letzerer besteht aus allen möglichen mehligen Stoffen und trockenen thierischen Abfällen und die Larven bezwingen mit ihren kräftigen Kiefern selbst die härtesten Krumen. In den künstlichen Mehlwurmsätzen fressen sie ausser dem Mehl, der Kleie, den alten Brodstücken etc., die man ihnen vorwirft, auch noch die Tuchlappen, alte Federn, und skelettiren selbst die Leichen von Zimmervögeln, Mäusen etc. vollständig. Am regelmässigsten trifft man sie natürlich bei den Bäckern, deren Mehlvorräthe ihnen die ausgiebigste Nahrungsquelle bieten, allein sie fehlen wohl in keiner Haushaltung und ebensowenig in den Apotheken, wo Stärkemehl, Malz, Oblaten etc. ihnen willkommen sind. Die Larven sind ziemlich mobil und gleiten mit grosser Gewandtheit durch ihre Frassröhren. Wenn sie reif sind, verwandeln sie sich in eine weissliche gemeiselte Puppe, die nach etwa 3 Wochen zum Käfer wird. Zu bekämpfen sind die Mehlkäfer direkt eigentlich nicht gut, nur aus dem Mehl lassen sie sich leicht durch Sieben entfernen, sonst hilft am meisten Reinlichkeit und guter Verschluss der gefährdeten Gegenstände.

Die zweite an Vorräthe gehende Dunkelkäferart ist der Küchenkäfer (Uloma culinaris) 9 Mm. lang, glänzend braun-

roth, haarlos mit gekerbtgestreiften Decken, und gestreckten fast parallelrandigem Leib. Er ist viel seltener als der vorige und die Larve geht nicht blos an mehlige Stoffe und verdorbene thierische Theile, sondern greift auch Speck, Würste und andere Fleischwaaren an, was der Mehlwurm nicht thut.

Die dritte Art ist Tribolium ferrugineum, bis 5 Mm. und der sehr ähnliche kleinere kaum 3 Mm. lange Tr. bifoveolatum. Diese Käferchen sind gestreckt, durchaus gleich breit, röthlichbraun oder kastanienbraun mit fein gestreiften Decken, die letzte Art hat auf der Halsschildmitte zwei querstehende Grübchen. Sie leben wie die vorigen, sind aber universeller und kommen hinter alle möglichen Naturalien, weshalb sie bei Droguisten und Apothekern viel verbreiteter vorkommen. Sie scheinen ursprünglich in Europa nicht heimisch gewesen, sondern importirt worden zu sein. Ausser dem Abtödten derselben im Trockenofen wüsste ich nichts von Vertilgungsmitteln anzugeben.

Der Todtenkäfer (Blaps).

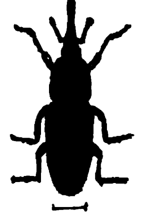
Mit diesem Namen belegt das abergläubische Volk einen fingergliedlangen (20—24 Mm.), ganz schwarzen, glanzlosen, harten gestreckt eiförmigen Käfer, bei dem jede Flügeldecke hinten in eine längere oder kürzere Spitze ausgezogen ist. Man unterscheidet davon drei einander höchst ähnliche Arten: bei dem gemeinen Bl. mortisaga, dessen Decken in lange Spitzen ausgezogen sind, und dem seltenen Bl. obtusa, der dort nur kurze Spitzen trägt, ist der Halsschild kaum breiter als lang, bei dem häufigen Bl. fatidica ist er viel breiter als lang. Die Larve dieser Käfer ist der des Mehlkäfers ähnlich, allein verhältnissmässig dicker und natürlich auch grösser, ihr Aftersegment geht in ein kurzes knopfartiges Zipfelchen aus.

Die Todtenkäfer und ihre Larven sind Finsterlinge, die sich stets in dunklen Verstecken unter Brettern, in Löchern etc. halten und sich von allerlei pflanzlichem Moder nähren. Am häufigsten findet man sie unter den Dielen der Kornböden, hinter den Haferkisten der Pferdeställe, im Gemülle der Scheunen, unter den Fasslagern der Keller und in ähnlichem Gewinkel. Schädlich kann man sie eigentlich nicht nennen, da sie nur von moderndem Abfall, also von ohnedies Unbrauchbarem leben. Wer sie in seinen Räumen nicht leiden mag, hat deshalb in der Reinlichkeit ein sehr wirksames Mittel, sie fern zu halten.

Die Kornkäfer (Sitophilus).

Sie sind die einzigen Rüsselkäfer, die sich an menschlichen Vorräthen vergreifen. Die grosse Familie der Rüsselkäfer kennt

man an ihren überall viergliedrigen Tarsen und daran, dass der Kopf in einen Rüssel ausgezogen ist. Unsere Gattung gehört zu denen mit knieförmig geknickten Fühlern und langem Rüssel. Die Fühlergeissel hat 6 Glieder, die Fühlerkeule ist nur undeutlich gegliedert. Die gemeinste Art, die von unserem einheimischen Getreide lebt und im Volksmund der „schwarze Kornwurm" heisst, ist Sitophilus granarius, 3—3½ Mm., braun mit rostrothen Gliedmassen. Seltener ist der Reiskäfer (Sit. oryzae), kaum 3 Mm., pechschwarz mit zwei lichten Mackeln auf jeder Flügeldecke, der ursprünglich in Reis lebt, allein in Ermangelung dessen auch Getreide angeht.



Kornkäfer (Sitophilus granarius).

Streng genommen gehen die Kornkäfer eigentlich den Apotheker nichts an, da sie nur von Getreide leben, allein da sie namentlich auf dem Lande sehr verbreitet vorkommen und von den Scheunen und Getreideböden sich oft genug in angrenzende Gebäude verirren, so ist es nicht ganz überflüssig sie hier zu schildern.

Die Kornkäfer leben nur an dem eingespeicherten Getreide und werden dadurch besonders gefährlich, dass sie zwei Generationen haben. Die überwinternden Käfer kommen im Frühjahr zum Vorschein, sonnen sich an den Häuserwänden und laufen überhaupt um diese Zeit viel umher — fliegen können sie nicht. Das befruchtete Weibchen nagt mit seinem Rüssel ein Loch in das Getreidekorn, legt ein Ei und schiebt dasselbe hinein. Die daraus sich entwickelnde Larve ist eine wurstige dicke weisse fusslose Made mit hornigem Kopf und höhlt das Korn zu einem Theile aus, verpuppt sich und etwa 40 Tage nach der Eiablage erscheint der Käfer; dies fällt meist auf den Juli. Kurze Zeit darauf legen auch diese Käfer wider ihre Eier ab, so dass im September die zweite Generation erscheinen kann und diese überwintert dann als Käfer in den Speichern. Die Käfer betheiligen sich auch am Frasse und halten sich gern gesellig auf den Fruchthaufen beisammen.

Die Bekämpfung dieses höchst verderblichen Insektes gründet sich ganz allein auf zweckmässige Gestaltung der Speicher. Auf dumpfen, feuchten, dunkeln Getreideböden, vollends wenn sie nie ganz geleert werden, sondern immer alte Reste übrig bleiben, sind sie gar nicht weg zu bringen und die Anzahl von Mitteln, die dagegen empfohlen werden, beweist aufs beste, dass keines hilft. Die Radikalkur besteht darin, dass die Speicher völlig geräumt und dergestalt baulich verändert werden, dass Luft und Licht von allen Seiten dazu kann. Ist dies geschehen, so werden alle Ritzen und Fugen, in denen die Käfer überwintern können, verstrichen, die Wände getüncht und von jetzt an auf grösste Reinlichkeit und

darauf gesehen, dass das Getreide im Frühjahr durch öfteres Umschaufeln vor dem Verdumpfen bewahrt wird; zugleich stört man dabei die etwa noch vorhandenen Käfer am Eierlegen. Sollten sich noch Käfer zeigen, so räume man vor der Erndte Speicher und Scheunen vollständig, reinige gründlich und bringe dann erst die frische Erndte ein. Befallenes Getreide kann man zuerst durch die Putzmühle laufen lassen. Dabei werden die von Larven bewohnten Körner, weil sie leichter sind, weiter hinausgeschleudert als die gesunden und so gelingt eine wenn auch nicht vollständige Sortirung. Der schlechtere Theil kann im Backofen behandelt und zur Viehfütterung verwendet werden, den besseren bringe man auch nicht mehr auf den Speicher, sondern möglichst rasch zur Mühle, da die Körner, welche erst Eier enthalten, durch die Putzmühle nicht gut ausgeschieden werden.

Der Dattelkäfer (Bostrichus dactyliperda).



Dattelkäfer (Bostrichus dactyliperda.)

Dieser Käfer gehört in die als Waldverderber berüchtigte Familie der Borkenkäfer, die man an ihren viergliedrigen Tarsen, den geknieten und geknöpften Fühlern, dem rüssellosen Kopf und dem kurzwalzigen Leib kennt. Die fragliche Art ist $1^2/_3$ Mm. lang, hellbraun, sehr dicht behaart, die Flügeldecken sind wenig länger als zusammen breit und dicht von feinen durchaus gleichstarken Punktreihen durchzogen. Ihr Wohnort und Frassgegenstand sind die Dattelkerne, welche sie als Larve und Käfer bewohnt. Die Larve ist eine fusslose Made mit hornigen Kopf und die Käfer erscheinen im Herbste. Rasche Beseitigung der angegriffenen Vorräthe und Reinigung des Aufbewahrungsortes genügt um dem Umsichgreifen Einhalt zu thun und die befallenen Vorräthe wird man am besten im Trockenofen einer genügenden Erwärmung aussetzen, um die Thiere zu tödten.

Die Küchenschaben (Blatta).

Die Blattiden bilden eine eigene scharf abgegrenzte Gruppe der Geradflügler (Orthoptera) kenntlich an dem gestreckten eiförmigen flachen Leib und daran, dass der Kopf völlig unter dem Brustschild versteckt ist; sie haben sehr vielgliederige, lange und fädige Fühler, am Leibesende zwei gegliederte Anhänge (sog. Raife). Wie alle Geradflügler haben sie eine unvollständige Verwandlung d. h. die Larven haben im Allgemeinen vollkommen die Gestalt der Erwachsenen, nur dass ihnen die Flügel mangeln. Die Entwicklung geht sehr langsam von Statten und es dauert bei der gemeinen Küchenschabe vier Jahre, bis sie voll erwachsen ist. Die Fortpflan-

zung geschieht in einer ganz einzig dastehenden Weise: die Eier erhalten noch innerhalb der weiblichen Genitalien eine gemeinschaftliche, einem Prisma mit abgerundeten Kanten ähnliche Kapsel, in welcher sie in einer doppelten Reihe von Einzelnfächern liegen. Diese Eikapsel wird von dem Weibchen, so in der Vulva steckend, dass sie zur Hälfte hervorsieht, herumgetragen, bis die Jungen fast entwickelt sind und dann erst vollends ausgestossen. Larven und Imagines sind äusserst flinke Thiere und die im folgenden zu nennenden Arten sind ausschliesslich Nachtthiere, die sich bei Tage, begünstigt durch ihren flachgedrückten Leib, in den Ritzen des Gemäuers verkriechen und zwar am liebsten da, wo dasselbe von der Sonne oder von Oefen und Herden durchwärmt ist. Nachts gehen sie auf ihren Raub aus, der in allen möglichen Abfällen, Speiseresten, Mehlstoffen, Fleischwaaren, besonders getrockneten, Milch, Wollstoffen, Leinenzeug, feuchtem Lederwerk, kurz fast allem besteht, was der Mensch isst und braucht; selbst lebende Pflanzen benagen sie, besonders richtet die amerikanische Art öfters in Gewächshäusern beträchtlichen Schaden an. Bei ihrer versteckten Lebensweise vermehren sie sich namentlich in älteren Häusern, deren Gemäuer defekt ist, in unglaublicher Weise, so dass man sie Nachts haufenweise ihren Frass bedeckend, überraschen kann, wobei dann die unheimliche Gesellschaft blitzschnell auseinanderstiebt.



Gemeine Küchenschabe (Blatta orientalis).

Ihre Bekämpfung ist ziemlich schwierig. Die erste Vorbedingung ist Reinlichkeit und intakte Herstellung des Mauerwerks, um ihnen Ernährung und Aufenthalt zu erschweren. Direkt werden sie am besten mit Insektenpulver bekämpft, gegen das sie sehr empfindlich sind. Man erweitert mit einem Kratzeisen die Ritzen und Fugen und bläst mit einem Blasbalg das Insektenpulver hinein, worauf sie sofort herausstürzen und getödtet werden können. Verstreicht man darnach die Fugen des Gemäuers mit Gyps, die des Holzwerkes mit Glaserkitt, so kann man sich darauf verlassen, dass etwa zurückgebliebene Eier und junge Larven vollends zu Grunde gehen.

Von den drei in Rede stehenden Arten dürfen wir die kleinste Art, die deutsche Schabe, wohl als die ursprünglich bei uns heimische oder wenigstens am frühesten eingewanderte Art ansehen. Die beiden anderen sind erst in geschichtlicher Zeit bei uns eingewandert, allein woher, ist deshalb nicht ganz sicher, weil sie jetzt durch den Schiffverkehr über die ganze Welt verbreitet sind. Für die Blatta orientalis nimmt man Amerika als den Aus-

gangsort an, sie soll aber über den Orient zu uns gekommen sein. Zwischen den zwei grossen Einwanderern und der ureingesessenen kleinen Art scheint ein ähnliches Verhältniss der Ausschliessung zu bestehen, wie zwischen der kleinen Hausratte und der grossen Wanderratte; wenigstens kommen sie wohl nicht leicht neben einander vor und die kleine trifft man in ähnlicher Weise inselartig, wie die Hausratte, während die Bl. orientalis allerwärts zu finden ist. Ob ein ähnliches Ausschliessungsverhältniss zwischen den beiden grossen Arten besteht, ist mir nicht bekannt, sondern nur dass sich ihre Verbreitung nicht deckt: Bl. orientalis ist überall bis in das Herz des Binnenlandes zu finden, während Bl. americana mehr auf die Seehäfen und deren Umgebung beschränkt ist, wenige Fälle tiefer im Binnenlande ausgenommen.

In der Lebensweise unterscheiden sie sich auch einigermassen. Die kleine deutsche Schabe ist viel weniger lichtscheu als die gemeine Bl. orientalis und liebt es mehr sich in der Höhe herumzutreiben. So kann man sie in Wirthshäusern Abends bei voller Beleuchtung und dem Tumult der Gäste gleich Fliegen an den Wänden umherlaufen sehen, während die gemeine Art bei Licht nie hervorkommt und dann mehr auf dem Boden, den Herden, Küchentischen etc. sich herumtreibt.

Zu unterscheiden sind die drei Arten sehr leicht: die amerikanische Küchenschabe (Blatta americana) ist 40 Mm. lang, schön kastanienbraun mit hellen Zeichnungen auf dem Halsschild; die gemeine Küchenschabe (Blatta orientalis Abbildung pag. 250) ist 19—23 Mm. lang, einfarbig, dunkel schwarzbraun, mit lichteren Füssen und Flügeln; die deutsche Schabe (Bl. germanica) ist nur 13 Mm. lang, weit schlanker als die vorigen, licht gelbbraun mit zwei schwarzen Längsstreifen auf dem Halsschild.

Die Hausgrille (Gryllus domesticus).

Die Grillen, die ebenfalls zu den Geradflüglern (Orthoptera) gehören, haben einen walzigen Körper, einen grossen kugligen frei vorstehenden Kopf, borstförmige Fühler, hinten zwei fadenförmige vielgliederige Schwanzanhänge (sog. Raife) und wagrecht liegende Flügeldecken. Hier handelt es sich nur um eine einzige Art, die Hausgrille oder das Heimchen (Gr. domesticus), ein fingergliedlanges hell lederbraunes walziges Thierchen mit gelbem, quer braunbandirtem Kopf, das nur in Häusern getroffen wird. Es verräth sich dort durch seinen ziemlich lauten schwirrenden Gesang, den das Männchen dadurch hervorbringt, dass es die beiden Oberflügel zitternd gegen einander reibt. Aufenthalt und Ernährung stimmen ziemlich mit denen der Küchenschaben überein. Die Hausgrille hält sich bei Tage in Mauerritzen versteckt, allein

da sie viel korpulenter ist, als die Küchenschabe, so findet sie nicht so leicht ein passendes Unterkommen, wie diese. Auch insofern ist sie wählerischer als sie sehr wärmebedürftig ist und sich nur in der Nähe von Herden und Backöfen ansiedelt. Man findet sie deshalb auch nur in Bäckereien und Bierbrauereien etc. doch auch gelegentlich in den Laboratorien der Apotheken und in Wohnhäusern. Ihre Nahrung sind besonders mehlige Substanzen, wie Brod, Malz, feuchtes Getreide, Kleister, Küchenabfälle, auch gehen sie an feuchtes Lederwerk, feuchte Kleider und sehr gern an die Milch, obwohl sie dabei gewöhnlich hineinfallen und ersaufen. Im Juli und August legen sie längliche Eier in das Kehricht, die nach 10—12 Tagen ausschlüpfen. Vor der dritten Häutung sind die Larven ganz flügellos aber sonst den Erwachsenen sehr ähnlich; nach der dritten Häutung erhalten sie Flügelstummeln und erst nach der vierten, die in der siebenten Woche des Lebens stattfindet, erscheinen vollständige Flügel. Das Weibchen hat eine lange sondenförmige Legeröhre, das Männchen ist durch eine eigenthümliche Klangscheibe auf den Flügeldecken ausgezeichnet.

Sie sind viel leichter zu vertilgen als die Küchenschaben, da sie nicht so überall Unterkommen finden und sich nicht so massenhaft vermehren. Das Vertreiben geschieht auch bei ihnen am besten durch Insektenpulver in der Weise, wie ich es bei den Küchenschaben angegeben habe.

Die Staubläuse (Psocus).

Diese Thiere gehören in die zu den Geradflüglern (Orthoptera) gerechnete Familie der Holzläuse (Psocidae) die an der Gleichartigkeit ihrer vier unfaltbaren dünnhäutigen, sparsam geaderten, dachförmig gestellten Flügeln, von denen die hinteren nur etwa halb so gross sind als die vorderen, und an dem grossen Kopfe kenntlich sind. Die im Freien lebenden Arten trifft man an Baumstämmen, Bretterwänden, alten Mauern, wo sie sich offenbar von Flechten nähren. In den Häusern leben folgende zwei Arten.

Die Heulaus (Psocus domesticus) ist als ungeflügelte Larve ein lausartig kleines, ziemlich langbeiniges Thierchen mit stark blasig aufgetriebener Stirn und ziemlich gewölbtem Leib. Nach der letzten Häutung erhält es glasige dachförmig gestellte Flügelchen. Fast immer trifft man die Heulaus gesellig und oft in ausserordentlicher Menge an Orten, wo getrocknete Pflanzenreste angehäuft sind. Am häufigsten sind sie wohl in Scheunen, in denen sie sich von dem Heuabfall nähren; ich sah sie an der Unterseite von Möbeln, die mit Seegras gefüllt waren und sicher kommen sie auch gelegentlich bei Dürrkräutlern und in den Kräuterkammern der Apotheken vor. Für eigentlich schädlich wird man sie kaum halten dürfen.

Die Bücherlaus oder Staublaus (Psocus pulsatorius) ist stets flügellos mit flacher Stirn und flachem Leib, nicht grösser als eine Kopflaus, einfarbig blassgelb. Dieses behende Thierchen das ebenso schnell rückwärts als vorwärts läuft, ist viel verbreiteter als das vorige und auch entschieden schädlicher. Am regelmässigsten trifft man es in Insektensammlungen und Herbarien, wo es jedoch nur den zarteren Theilen empfindlicher wird, besonders den Blüthen; dann sieht man es auch sonst in den Häusern, in den Ritzen, in staubigen Winkeln, zwischen Papier, zwischen Büchern, hinter Tapeten, in Materialkammern, wo sie theils von dem organischen Staube leben, theils oberflächlich an trockenen pflanzlichen und thierischen Resten schaben. Sie sind licht- und luftscheu und können durch Reinlichkeit allein ziemlich in Schranken gehalten werden, allein ganz zu vertreiben sind sie, wo sie sich einmal angesiedelt haben, sehr schwer. Wenn sie an Theespecies gehen sollten, so werden sie da, wo die Erhitzung zulässig ist, leicht getödtet werden können; bei Theespecies, die das nicht ertragen, wird sie das Aufhängen oder Ausbreiten an luftigen Orten vertreiben und Einschluss in Leinwandsäcke sie abhalten. Von den bekannten kleinen mit zwei Scheeren versehenen Bücherscorpionen werden sie vertilgt, weshalb man diese schonen soll.

Das Zuckergästchen (Lepisma saccharinum).

Auch dieses Thierchen gehört in die formenreiche Abtheilung der Geradflügler (Orthoptera). Es ist, wie seine nächsten Verwandten, zeitlebens flügellos, hat einen gestreckten fischchenförmigen Körper, ist ganz mit silbrigen Schuppen besetzt, die den Bau der Schmetterlingsschuppen haben und sich ebenso leicht abwischen; die Fühler sind sehr lang borstförmig, die Taster so lang, dass sie ein zweites Fühlerpaar vorstellen und am Leibesende stehen drei lange gegliederte Raife. Eine Verwandlung findet bei ihnen nicht statt. Die Länge des Leibes beträgt circa 13 Mm. Dieses pfeilgeschwinde Geschöpf bewohnt nur unsere Gebäude und wird in Speisekammern, Abtritten, Magazinen, Schrankschubladen etc. getroffen, wo es sich am Tage sehr selten sehen lässt, desto thätiger aber des Nachts ist. An Leut- und Lichtscheue gibt es der gemeinen Küchenschabe nichts nach und nährt sich ähnlich, nämlich von mehligen Stoffen, Süssigkeiten, feuchten Geweben, Lederwerk, Papier etc., jedoch ohne die Gegenstände so pöbelhaft zu zerfressen und zu besudeln, wie die Küchenschabe. Auch in solchen Massen treten die Zuckergästchen wohl nirgends auf, dass man von erheblichem Schaden reden kann. Reinlichkeit, Verstreichen der Fugen und Streuen von Insektenpulver wird eine Ueberhandnahme jedenfalls beseitigen, wenn sie irgendwo lästiger werden sollten.

Ameisen (Formica).

Diese Abtheilung, die schon bei den Arzneistoff liefernden Thieren zur Sprache kam, muss auch hier noch einmal angeführt werden, da einige Arten in die Häuser eindringen und sich an allerlei Materialien vergreifen. Die, welche ich selbst untersuchen konnte, war die besonders gern in altem Gemäuer hausende einfarbig gelbbraune Formica umbrata, doch zweifle ich nicht daran, dass noch andere Arten, besonders die allerwärts verbreitete Rasenameise (Tetramorium caespitum), die gewöhnlich in Erdgängen haust, in die Wohnungen eindringen.

Was sie besonders anzieht, sind Süssigkeiten wie Zucker, Syrup, Fruchtsäfte, Marmeladen etc. weshalb sie in den Apotheken auf dem Lande eine äusserst häufige Plage bilden. Selten kommen sie zu den natürlichen Oeffnungen der Häuser herein, sondern miniren durch die Mauern und zwar wieder meist durch die Fundamente, auch ihre inwendigen Ausbruchlöcher sind meist sehr versteckt angebracht. Am geschäftigsten sind sie Nachts, doch kommen sie auch oft genug am hellen Tage. Mit ausserordentlicher Erfindungsgabe wissen sie ihre Beute zu erreichen und ich habe speciell einen Fall beobachtet, wo sie sich von der Zimmerdecke auf den Tisch herabfallen liessen, als die Füsse desselben in vier mit Oel gefüllte Tassen gestellt wurden, um sie von einem darauf stehenden Zuckerhut abzuhalten. Ebenso liessen sie sich dann beim Abziehen von dem Rand des Tisches zu Boden fallen. Auch zu vertreiben sind sie äusserst schwierig und ich glaube — ohne selbst Erfahrung darüber zu haben, — dass nur consequentes Einblasen eines guten Insektenpulvers in die künstlich zu diesem Behuf erweiterten Zugänge Aussicht auf Erfolg gewährt. Man kann sie freilich zu hunderten tödten und fangen, allein die Colonien scheinen unerschöpflich zu sein. Bezüglich der Lebensweise der Ameisen verweise ich auf pag. 212.

Die Wespen (Vespa).

Von den andern bestachelten Aderflüglern (Hymenoptera) unterscheiden sich die ächten Wespen dadurch, dass ihre Flügel in der Ruhe der Länge nach zusammengefaltet werden, so dass sie ein stäbchenartiges Ansehen bekommen. Von den bei uns vorkommenden Arten ist die Hornisse (Vespa crabro) durch ihre Grösse gekennzeichnet, verdient aber hier keine eingehende Schilderung, da sie selten in Häuser und Magazine eindringt und wenn je, dort fast nur Fliegen fängt. Wichtig sind dagegen die kleineren Wespenarten (V. vulgaris, communis, germanica und

rufa) von denen die erste Art die häufigste und lästigste und vorzugsweise in folgender Darstellung gemeint ist.

Die ächten Wespen sind gesellig lebende Thiere, allein ihre Gesellschaftsbildung ist wesentlich anders als die der Bienen. Während bei den letzteren die Gesellschaft Jahr aus Jahr ein vereinigt bleibt, löst sich dieselbe bei den Wespen im Herbst auf. Der Beginn der Auflösung ist die Larvenschlacht, die darin besteht, dass die noch nicht eingedeckelten Larven aus den Zellen gerissen und ins Freie geschleppt werden, wo sie umkommen. Dann zerstreut sich die ganze Gesellschaft, die Männchen gehen zu Grunde und die Weibchen suchen einzeln ihre Winterverstecke auf. Im Frühjahr sieht man die letzteren wieder einzeln umherschweifen, um einen geeigneten Ort zur Nestanlage zu finden. Hierzu wählen sie Erdlöcher, namentlich verlassene Maulwurfhaufen, aber auch grosse Mauerlöcher, die Räume zwischen den Dachsparren eines Hauses und einige Arten hängen das Nest im Gezweig eines Baumes oder unter das Gebälke von Hausdächern. Zur Nestanlage verwenden sie eine Art Papierzeug, das sie durch Abschaben des verwitterten Theiles von altem Holz gewinnen, und das altem Löschpapier ähnelt. Ist eine Anzahl Zellen fertig, so belegt sie das schon im Herbst zuvor befruchtete Weibchen mit je einem Ei und die daraus kommenden Larven werden mit süssen Pflanzensäften, aber auch mit kleingekauten Insekten oder gestohlenem Fleisch aufgefüttert. Aus diesen ersten Larven, deren Wartung die Stockmutter ganz allein besorgen muss, werden gleichfalls Weibchen, die aber, offenbar der kümmerlichen Ernährung halber, viel kleiner ausfallen, als ihre Mutter und deshalb früher für Arbeiter gehalten wurden. Von Siebold hat nachgewiesen, dass es fruchtbare Weibchen sind, die jedoch in Ermangelung von Männchen unbefruchtete Eier legen. Gerade so wie bei den Bienen aus solchen Eiern Drohnen entstehen, so ist es auch hier: während diese kleinen Erstlingsweibchen ihrer Mutter bei der Aufzucht der Larven helfen und letztere nun in Folge der reichlichen Nahrung zu grossen Weibchen heranwachsen, legen sie selbst Drohneneier und bald darnach enthält das Nest, das an Grösse und Kopfzahl jetzt reissend schnell zunimmt, dreierlei deutlich verschiedene Individuen: grosse Weibchen, kleine Weibchen und Männchen. Unter den ersteren ist die Stockmutter an ihrem schäbigen Aussehen zu erkennen.

Die Nahrung der Wespen ist eine sehr mannigfaltige. Am liebsten haben sie Süssigkeiten aller Art und suchen deshalb gleich den Bienen Blüthenhonig und den Honigthau von Blatt und Schildläusen. Allein sie sind dabei noch viel raffinirter und gewaltthätiger. Können sie bei den Blüthen nicht direkt zum Honig kommen, so beissen sie Löcher hinein, was die Biene nie thut;

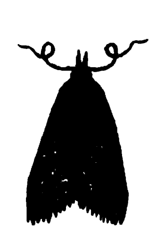
dann fangen sie Bienen, tödten sie und schleppen den mit Honig gefüllten Hinterleib davon. Ihre Leidenschaft für Süssigkeiten führt sie nun auch in die Häuser, um Zucker, Zuckerwaaren, eingemachte Früchte etc. zu naschen. Die Biene thut dies zwar auch, allein auch hier ist die Wespe überlegen, erstere frisst nur das, was offen umhersteht, die Wespe dagegen weiss sich durchzunagen, schlüpft durch die Fugen in Schachteln und Kasten, wo Confitüren aufbewahrt werden, unter listiger Vermeidung jeglichen Aufsehens und richtet so oft heillose Verwüstungen an, bis man hinter ihre Schliche kommt. Den Landwirth ärgert sie durch das Anfressen des süssen Obstes besonders der Weintrauben und Süssbirnen. Ausserdem ist sie noch Insektenfresserin, die alles, was sie bewältigen kann, tödtet und auffrisst.

Bei dieser Universalität ist es kein Wunder, dass in warmen, dem Brutgeschäft günstigen Jahrgängen die Einwohnerschaft eines Nestes mehrere tausend Köpfe stark wird und die Wespen zur öffentlichen Plage und selbst Gefahr werden, denn ihr jähzorniges Temperament lässt sie nur zu oft angreifend zu Werke gehen und da ihr Stachel nicht wie bei der Biene nach dem Stich in der Wunde stecken bleibt, so dass sie zu Grunde geht, so kann die Wespe wiederholt stechen, ohne sich zu schaden. Die Vertilgungsmethoden sind sehr zahlreich. In den Laboratorien der Apotheken ist das radikalste das Anbringen von Fliegengittern an den Fenstern, allein sie müssen von Draht sein, da sie sonst von den Wespen durchgebissen werden. Weiter sollte man es sich zur Pflicht machen, jede im Frühjahr einzeln fliegende Wespe, deren man habhaft werden kann, zu tödten, da mit ihr ein ganzer Stock vernichtet ist. Das Einsammeln der Wespennester im Herbst ist eine verfehlte Massregel, weil man dabei eine höchst unvollständige Vernichtung der Wespen erzielt.

Motten und Schaben.

Die Schmetterlingsarten, welche sich im Raupenzustand an Materialien vergreifen, können wir hier wohl unter einer einzigen Ueberschrift beschreiben, da es ihrer nicht viele sind, sobald man diejenigen hinwegrechnet, welche an Wollstoffen, Haaren und Federn sich vergreifen. In Bezug auf letztere möge die Bemerkung genügen, dass Aufbewahren der Gegenstände in Leinwandsäcken über Sommer zur vollständigen Abhaltung genügt und dass man sie aus Möbeln mit gutem Insektenpulver vertreiben kann. Die an Esswaaren, Apothekervorräthen etc. sich vergreifenden Arten gehören zu zweierlei Schmetterlingsfamilien, den Zünslern (Pyraliden) und den Motten (Tineiden).

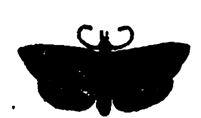
Die Fettzünsler (Aglossa) sind ziemlich robuste Schmetterlinge, die durch den Mangel einer Zunge ausgezeichnet sind. Sie haben fadenförmige Fühler, vorstehende, unten borstig behaarte Palpen und Nebenaugen und den Flügeln haftet ein eigenthümlicher Fettglanz an. Die eine Art (A. pinguinalis) ist glänzend braungrau, die Vorderflügel haben zwei schwärzliche auf den abgekehrten Seiten leicht angelegte gezähnte Querstreifen und die Hinterflügel sind grau; die andere Art (A. cuprealis) ist bleichgelb und kupferbraun gemischt mit zwei gezähnten, lichten, dunkel angelegten Querstreifen und zwei kleinen lichten verloschenen Mackeln, die Hinterflügel sind weisslich.



Fettzünsler (Aglossa pinguinalis) natürl. Grösse.

Die Schmetterlinge sitzen von Anfang Juni bis August im Innern der Häuser, bei Tage unbeweglich an den Wänden, mit ziemlich angedrückten, kaum etwas dachförmig erhöhten halbgeöffneten Flügeln. Die Raupen sind 16füssig, lederhart, schmutzig glänzend, trübbraun mit kastanienbraunem Kopf und einzelnen langen Borsten und werden c. 23 Mm. lang. Sie leben von allen möglichen Fettwaaren, insbesondere Speck, Schmalz, Talg, Butter, und sollen auch an Lederwaaren gehen, wobei sie sich in ihre Frassgegenstände einbohren. Neuerdings sind mehrere beglaubigte Fälle vorgekommen, in denen die Raupen lebendig verschluckt und nach einigen Tagen, während welcher sie üble Zufälle hervorriefen, noch lebendig erbrochen wurden. Im Frühjahr verlassen sie ihren Frassort, kriechen an den Häuserwänden umher und verspinnen sich in einem passenden Winkel zur Verpuppung. Besondere Vertilgungsmittel können nicht angegeben werden.

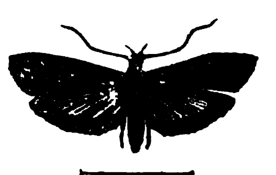
Der Mehlzünsler (Asopia farinalis) ist mit einer Rollzunge und Nebenaugen versehen, hat aufsteigende, anliegend beschuppte Palpen mit fadenförmigem Endglied, die Vorderflügel sind hellbraun, im Mittelfeld bleich olivenfarbig, die Hinterflügel grau, am Saum weisslich, alle Flügel mit zwei weissen Querlinien. Die Schmetterlinge sitzen im Mai und Juni und wieder im Herbst meist paarweise (das kleinere Männchen und das grössere Weibchen) an den inneren Häuserwänden mit fast ganz ausgebreiteten angedrückten Flügeln und bogig aufgekrümmtem Hinterleib — eine ganz charakteristische Stellung. Die Raupe, die noch nicht beschrieben ist, lebt von mehligen Stoffen, dringt deshalb in Mehlkisten, greift Haarpuder, Malzvorräthe und ähnliches an, in gewöhnlichen Haushaltungen genügen ihr die Abfälle. Sie verrathen sich durch ihre



Mehlzünsler (Asopia farinalis) natürliche Grösse.

Kothkörner, sowie dadurch, dass sie in den Vorräthen Gänge spinnen; durch Aussieben des Mehles können sie beseitigt werden.

Die Dürrkrautzünsler (Ephestia) haben aufgebogene, etwas zusammengedrückte Palpen mit zugespitztem Endgliede und kleine fadenförmige Nebenpalpen; sind schlanke Thierchen mit dachförmig und dichtanliegenden schmalen Flügeln. Bei E. elutella sind die Vorderflügel bräunlich aschgrau, am Innenrande röthlich mit zwei hellgrauen, schwachgewellten Querstreifen und verloschenen Mittelpunkten; bei E. interpunctella sind die Vorderflügel an der Wurzel breit gelb, dahinter purpurn, zwei Querstreifen und ein Mittelfleck glänzend bleichgrau. Die Raupe von E. elutella die allein bekannt ist, ist gelblich-weiss, mit gelbbraunen beborsteten Wärzchen, und hellgelbbraunem durch einen lichten Strich getheiltem Nackenschild und wird c. 12 Mm. lang. Sie lebt von allerlei getrockneten Pflanzenstoffen, insbesondere getrockneten Früchten, wie Datteln, Mandeln, Zwetschen, Apfel- und Birnschnitzen, Hagebutten etc., dann von allerlei Dürrkräutern, so von den verschiedensten Theespezies der Apotheken, Heublumen etc. und in den Herbarien können sie höchst lästig werden. Auf ihren Frassgegenständen spinnen sie fortwährend Fäden und wo sie zahlreich beisammen sind, werden dieselben und sogar das ganze Gefäss mit einer zusammenhängenden Gespinnstplatte überkleidet und austapezirt. Der Falter erscheint im Juli und sitzt dann bei Tag stille an den Häuserwänden. Reinlichkeit, fleissiges Nachsehen und Aufbewahren der gefährdeten Gegenstände in Leinwandsäckchen hilft auch bei diesem Feinde.



Dürrkrautzünsler (Ephestia elutella).

Die drei folgenden Arten gehören in die artenreiche Familie der Motten (Tineiden), die borstförmige Fühler, meist stark entwickelte buschig beschuppte Lippentaster, fast linienartig schmale langgefranste Flügel mit 11—12 Längsrippen haben. Die Flügel werden in der Ruhe meist dachförmig dem Körper angeschmiegt oder um ihn gewickelt und die Falterchen sind nächtliche Thiere.

Die Kleistermotte (Endrosis lacteella) hat weisse schwarzgeringelte Palpen, Kopf, Brustschild und Flügelwurzel sind auffallend milchweiss, die Oberflügel bräunlich grau, bräunlich gewölkt und schwarzpunktirt; die Flügel trägt sie im Gegensatz zu den meisten Motten platt auf dem Körper Diese Motte ist eine sehr gemeine Erscheinung in den Haushaltungen, da die Raupe von allen möglichen Abfällen, thierischen wie pflanzlichen, lebt. Sie frisst Haare, wie die Pelzmotten, noch lieber



Kleistermotte (Endrosis lacteella).

jedoch mehlige Stoffe, zerstört die Tapeten wegen des dahinter befindlichen Kleisters, geht an Kleie, Mehl, Haarpuder, auch an mehlige Samen z. B. Erbsen, kommt aber auch in faulem Holz und Schwämmen vor. Reinlichkeit ist das beste Mittel gegen sie, da die Raupe luft- und lichtscheu ist und nur an verdumpften Orten sich hält. Die Verwandlung ist sehr unregelmässig, da man das Falterchen von Anfang Frühling bis in den Dezember antrifft.



a b c

a) Kornmotte (Tinea granella, *b) eine Mandel aus deren Spitze die leere Puppenhülse der folgenden Art hervorragt, c) T. cloacella.*

Die Kornmotte (Tinea granella, Abbildung a) hat glänzend weisse, bräunlich marmorirte am Rand braungefleckte Oberflügel, auf denen eine schiefe verlängerte Mackel an der Basalrippe und eine an der Mittelrippe deutlich ist. Die sehr nahe verwandte, wohl nur eine Abart darstellende T. cloacella (s. Abbildung b) und c) ist nur etwas gelblicher und die Mackel an der Basalrippe ist nicht verlängert. Die Raupe ist gelblichweiss 16füssig, mit gelbbraunem Kopf, braunem Nackenschildchen und hellen Wärzchen auf dem Leib, die eine äusserst feine Borste tragen, und wird 10 Mm. lang. Das Falterchen fliegt von Ende Mai bis in den Juli; das Räupchen frisst bis zum Spätherbst, dann kriecht es weg und fertigt sich zur Ueberwinterung ein weizenkorngrosses Säckchen aus Holzschabsel in den Ritzen der Wände und des Fussbodens, häufig in Gesellschaft. In diesem Gehause bleibt die Raupe unverändert bis zum Frühjahr und verpuppt sich erst dann.

Die Kornmotte ist neben dem pag. 249 geschilderten Getreiderüssler das schädlichste Insekt für eingespeicherte Sämereien, insbesondere Getreide, doch geht sie auch ausserdem an allerlei Ueberbleibsel mehliger Stoffe und wird im Freien in morschem Holz und Baumschwämmen gefunden, unter den Apothekerwaaren sind sie besonders den Mandeln gefährlich. Die Körner werden ausgehöhlt und eins um das andere zusammengesponnen, so dass sie auf Getreide Klümpchen bis zu 20 und 30 Stück mit Kothstückchen dazwischen zusammenbringen. Wenn die Räupchen ausgewachsen sind, laufen sie unruhig auf den Kornhaufen umher, stets einen Seidenfaden auf ihren Weg spinnend, so dass der Haufen bald von einer Unzahl glänzender Fäden überzogen ist.

Zu bekämpfen ist die Kornmotte schwer, sobald es sich um grössere Magazine handelt, die das ganze Jahr durch mit Getreide

belegt bleiben müssen. Peinliche Reinlichkeit, Verstreichen aller Fugen und Ritzen, fleissiges Umschaufeln der Haufen zur Flugzeit, Todtpatschen der an den Wänden sitzenden Falter kann eine Ueberhandnahme hintanhalten, aber sie nicht völlig beseitigen. Bringt man befallenes Getreide in den Backofen, so können natürlich Eier und Raupen getödtet werden, allein diese Massregel ist nur im Kleinen möglich. Neuerdings hat man zur Magazinirung grosse eiserne Cylinder vorgeschlagen, die mit der Luftpumpe luftleer gemacht werden und das ist allerdings ein Radikalmittel gegen thierische und pflanzliche Feinde.

Stubenfliege (Musca domestica).

Dieses gemeinste und zudringlichste aller Thiere bedarf wohl keine besondere Beschreibung, da es Jedermann kennt. Weniger bekannt dagegen ist die Larve, da sie als sehr lichtscheu sich wohl versteckt hält; sie ist eine weisse, gestreckt kegelförmige d. h. vorn spizige, hinten abgestumpfte, fusslose geringelte Made in deren Maul ein schwarzer Fresshacken sitzt, und erreicht ausgewachsen eine Länge von 9 Mm. Der Hauptaufenthaltsort der Fliegenmaden sind der Mist unserer Hausthiere, dann länger liegen bleibende Kehrichthaufen, der Mist der Vogelkäfige, vernachlässigte Spuckkästchen und ähnliche Unrathsorte. Die Fliege setzt ihre Eier klumpenweisse ab und aus ihnen schlüpft die Made schon nach 12—24 Stunden; leztere ist nach etwa 14 Tagen erwachsen und verwandelt sich in eine dunkelrothbraune harte Tonne, aus der nach etwa 3 Wochen die Fliege hervorkommt, so dass die ganze Generation 6—8 Wochen in Anspruch nimmt und drei bis vier Generationen in der Saison möglich sind Im Winter ist die Ebbezeit der Fliegenplage, man trifft nur wenige Fliegen in den geheizten Räumlichkeiten, die anderen sind vom Frost getödtet und ausserdem stecken im Mist die Puppen der letzten Generation, die im Frühjahr ausschlüpfen. Die erste erhebliche Zunahme der Fliege fällt in den Juni, die zweite noch stärkere in das Ende Juli, die dritte in den September, um welche Zeit die Plage gewöhnlich ihren Höhepunkt erreicht. Von jetzt an bemerkt man bereits blähsüchtige Fliegen, die todt mit aufgequollenem Leib an Fenstern und Wänden kleben, getödtet durch einen mikroskopischen Pilz (Achlya prolifera), der wahrscheinlich vom Darm aus in den Leib eingedrungen ist und denselben durchwachsen hat. Ein weisslicher Staubnebel, der die todte Fliege umgibt, besteht aus den Sporen dieses Fliegenpilzes. Die Blähsucht nimmt immer mehr überhand und die Nachtfröste räumen dann vollends auf.

Schaden und Belästigung verursacht nach dem vorstehenden nur die reife Fliege, aber weniger durch das, was sie frisst, als

dadurch, dass sie Frassgegenstände und alles, worauf sie sitzt, mit ihrem ätzenden hässlichen Unrath besudelt und flüssige und klebrige Stoffe durch ihr Hineinfallen verunreinigt. Am meisten sammelt sie sich bekanntlich, wo Süssigkeiten sich finden.

Die Mittel gegen sie sind äusserst mannigfaltig. Das beste Vorbeugemittel sind Fliegengitter an den Fensteröffnungen. Zum Tödten hat man die sogenannten Fliegenpapiere, die man schicklicherweise nur mit Quassia machen sollte, da Arsenik und das Gift des Fliegenschwammes gefährlich sind, auch von gepfefferter Milch sterben sie. Gutes Insektenpulver kann mit grossem Erfolg gegen sie angewendet werden; wenn man die Orte, wo sie am liebsten umher laufen, namentlich besonnte Stellen und die Rahmen der Fenster, damit bestreut, so liegen nach einigen Stunden fast sämmtliche Fliegen todt auf dem Boden. In Amerika soll man sie neuerdings von den Magazinen dadurch fernhalten, dass man mit Kresyl getränkte Lappen aufhängt. Die Fliegenfallen sind unpraktisch und der Fliegenleim ist eine Schweinerei.

Die Essigfliege (Drosophila funebris).

Diese winzige, nur 3 Mm. Leibeslänge erreichende Fliege (Abbildg *a*) kennt man an ihrer ziegelrothen Farbe von Kopf, Brust und Beinen, dem schwärzlichen licht bandirten Hinterleib und den langen den Leib überragenden Flügelchen. Die Maden (Abbild. *c*) sind gespitzt kegelförmig, fusslos, weisslich mit vier hinteren zapfigen Warzen und zwei schwarzen Mundhäkchen; sie verwandeln sich in eine gelbe Nonnenpuppe, die nach dem Ausschlüpfen der Fliege die Gestalt von Abbild. *b* hat. Die Fliege sieht man in Häusern und Kellern an gährenden Stoffen und süssen Flüssigkeiten, besonders an den Hähnen und Spundlöchern der Wein-, Bier- und Essigfässer an Marmeladen und Fruchtsaftflaschen. Am gleichen Ort auf der Oberfläche der Flüssigkeit selbst leben die Maden, am liebsten wenn dieselben gähren, allein ich sah auch einmal eine dick eingekochte Johannisbeermarmelade vollständig von ihnen bedeckt und die nur oberflächlich eingetretene Gährung war offenbar durch die Anwesenheit der Maden erst veranlasst. Fester Verschluss ist das wirksamste und aus den Fasshahnen hält man wenigstens die Larven dadurch fern, dass man sie verkorkt.

a) *Essigfliege.* (Drosophila funebris) *b*) deren leere Puppenhülse *c*) deren larve.

Die Milben (Acaridae).

Die Milben sind mit wenigen Ausnahmen sehr kleine dem Auge nur wie Staub erscheinende Thierchen, die zur Ordnung der Spinnen gehören, 8 Füsse und ein langes zweites Kieferfühlerpaar haben, und deren Kopfbrust mit dem Bauch zu einem kompakten ovalen weichhäutigen Körper zusammen gewachsen ist. Von den Krätzmilben sprechen wir im übernächsten Abschnitt, hier sollen nur einige erwähnt werden, welche als Materialzerstörer bekannt worden sind. Mehrere Arten sind als Bewohner von gedörrten Früchten, wie Zwetschen, Datteln, Zibeben, Rosinen, Erbsen etc. beschrieben. Sie sehen wie ausgeblühter Zucker aus und veranlassen wohl auch durch ihre Stiche mit das Ausblühen des Zuckers. Hering gibt dreierlei solcher Arten an: Acarus prunorum, passularum und agilis. Im Trockenofen kann man sie abtödten. Eine andere mit langen zweizeilig gefiederten Borsten besetzte Art, die Mehlmilbe (Acarus farinae) findet man zahlreich in verdumpftem Mehl und Haarpuder. Eine weitere Art die Scheerenzecke (Acarus eruditus) soll in alten Büchern, feuchtem Papier, Pflanzensammlungen etc. zu finden sein. Sehr gemein an getrockneten thierischen Resten ist die Modermilbe (A. destructor), die besonders in den Insektensammlungen ganz unglaubliche Verheerungen anrichtet; wenn man sie nicht stört, so verwandelt sie die Insekten vollständig in feinen Staub. Dieselbe ist, wie ich selbst erfuhr, im Trockenofen nicht zu tödten, wohl aber durch mehrtägiges Einlegen der Insektenkästen in Schwefelalkoholdampf. In Apotheken dürfte die letztere Art an Schweinsblasen und Canthariden gehen, sie wird aber gewiss sehr oft übersehen, da sie einem glänzenden Staubkorn gleicht.

III. Giftige Thiere.

Giftschlangen (Vipera.)

Die Giftschlangen Europas sind von den ungiftigen Arten sofort zu unterscheiden an dem auffallend dicken Kopf der scharf gegen den dünnen Hals abgesetzt ist, an den kleinen Schuppen, die den Oberkopf ganz oder fast ganz bedecken, während die giftlosen hier grosse Schilder tragen, an dem ganz kurzen Schwanz und den unten zu beschreibenden Giftzähnen; für die aussereuropäischen Giftschlangen sind diese Unterschiede allerdings nicht stichhaltig.

In Europa wohnen drei Arten: Die gemeine Kreuzotter (Vipera berus) hat auf der Mitte des Oberkopfes zwischen den kleinen Schuppen drei grössere Schilder; der italienischen Viper (Vipera Redi) mangeln diese Schilder und die Sandviper (Vipera ammodytes) hat auf der Nasenspitze ein kleines kegelförmiges beschupptes Horn. Die Kreuzotter ist die in Deutschland allgemein vorkommende Art. Die Viper hat ein südliches Verbreitungsgebiet: jenseits der Alpen ist sie sehr häufig, kommt aber durch die ganze Schweiz bis nach Deutschland herein vor. Die Sandviper wohnt im Osten und geht von Illyrien, Dalmatien durch Ungarn bis an, vielleicht auch noch bis über die deutsche Gränze, aus Ungarn habe ich sie öfters lebend erhalten. In der folgenden Schilderung halte ich mich an die Kreuzotter als die giftigste deutsche Art.

Dieses Thier hat auf der Oberseite schwarze Zeichnungen, die in einer X-förmigen Figur auf dem Oberkopf, einer Zickzacklinie über die ganze Länge des Rückens und jederseits einer Reihe runder Flecken bestehen. Die Gundfarbe ist beim Männchen ein silbriges Weiss, bei den Weibchen wechselt die Farbe sehr nach dem Alter von schön kupferbraun bis schmutzig grau, selbst einfarbig kohlschwarz, und die schwarzen Zeichnungen werden bei ihnen oft undeutlich.

Der Giftapparat der Schlangen besteht in erster Linie aus zwei Giftdrüsen, die ein Homologon der Ohrspeicheldrüse anderer Thiere sind, und einen traubigen Bau haben. Sie liegen zu beiden Seiten des Kopfes, und sie sind es, welche dem Kopf der Giftschlangen die charakteristische Breite geben. Von jeder Drüse führt ein hohler Gang bis hinter die Wurzel des Giftzahns und mündet dort aus. Der Giftzahn gleicht einer Katzenkralle, ist lang, rückwärts gebogen, äusserst spitzig und von einem Kanal durchzogen, der mit einer Oeffnung an der Wurzel beginnt, und mit einer schlitzförmigen Oeffnung hinter und unter der Spitze endet. Umgeben wird der Zahn von einer hohen Falte des Zahnfleisches, die so angebracht ist, dass sie sich über den Zahn, wenn er zurückgeklappt ist, fast vollständig hinlegt, beim Aufrichten des Zahnes dagegen nach vorn und oben über ihn zurückgleitet, so dass er entblöst wird. Der Zahn ist an dem Oberkiefer fest aufgewachsen, allein letzterer kann gegen die übrigen Knochen des Munddaches so bewegt werden, dass der Zahn ganz wie die Krallen der Katzen nach rückwärts niedergelegt und in der genannten Falte verborgen, oder steil aufgerichtet und entblöst wird. Letzteres geschieht nur bei geöffnetem Mund, wenn die Otter beissen will. Das Gift sammelt sich in der Ruhe innerhalb der Drüse an und wird beim Oeffnen des Mundes in den Raum zwischen dem Zahn und die Schleimhautfalte und durch die Spannung der letzteren in den Zahnkanal gedrückt, aus dessen vorderer Oeffnung es in die Wunde fliesst.

Das Gift der Schlangen ist eine fast wasserhelle sauer reagiderte Flüssigkeit, in welcher man als eigentlich wirksamen Bestandtheil einen eiweissähnlichen, in reinem Alkohol, nicht aber beim Kochen gerinnenden Stoff, daneben einen ähnlichen beim Kochen und in Alkohol gerinnenden unwirksamen Stoff und Fett, freie Säure und einige Salze findet. Es behält seine Eigenschaften im eingetrockneten Zustande Jahre lang. Seiner Wirkung nach gehört es zu den Blutgiften d. h. es wirkt blutzersetzend, und auch nur dann voll, wenn es direkt ins Blut gebracht wird. Im Magen erzeugt es nur Schmerzen und eine leichte bald vorübergehende Störung der Gehirnthätigkeit. Die Zersetzung des Blutes besteht zunächst in einer unvollkommenen Gerinnung sowie Lösung des Blutfarbstoffs, wobei das gefärbte Blutserum in die Gewebe austritt und ein dickes schwarzrothes Blut in den Adern zurück bleibt, welches der Circulation ein bedeutendes Hinderniss entgegensetzt. Wenn sich diese Zersetzung von dem Munde aus über die ganze Blutmasse verbreitet, so tritt der Tod in Folge von Blutstockung ein. Bei geringem Vergiftungsgrad ist Genesung nur nach längerem Siechthum mit anfänglich schweren Erscheinungen möglich. Das wirksamste Gegengift ist Alkohol in Form von

starken geistigen Getränken und zwar im reichsten Maasse genossen, wobei charakteristisch ist, dass keine Berauschung eintritt; umgekehrt wird aufs bestimmteste versichert, dass ein stark berauschter Mensch von Schlangenbiss nicht oder nur unbedeutend leidet. Wichtig ist ferner, die Blutzirkulation zwischen dem gebissenen Körpertheile und dem übrigen Körper durch sofortiges festes Zusammenschnüren des Gliedes hinter der Wunde zu unterbrechen, und nach ergiebigem Aufschneiden der Wunde das Gift sammt dem zersetzten Blute durch Schröpfköpfe auszusaugen. Letzteres kann auch mit dem Munde geschehen, sofern derselbe keine offene Stelle hat, durch welche das Gift sich dem Blute beimischen könnte.

Die meisten Bisse durch die Kreuzotter ziehen sich Beeren oder Reisig sammelnde Landleute zu, namentlich wenn sie barfuss oder in niederen Schuhen gehen. Die Kreuzotter weicht nämlich dem Menschen nicht aus, sondern beisst unter allen Umständen, ehe sie sich zurück zieht. Zum Glück ist der Biss der Kreuzotter nur unter ungewöhnlichen Umständen tödtlich, hat aber immer schwere Erkrankung zur Folge.

Die Kreuzotter ist ein wärme- und sonnenfreundliches Thier. Ihre eigentliche Behausung ist eine Erd- oder Steinhöhle in sonniger Lage, in deren Umgebung genug Pflanzenwuchs ist, um ihr Deckung zu verschaffen, allein letzterer darf nie so hoch und dicht sein, dass er die Durchwärmung des Bodens verhindert und ihr kein freies Plätzchen zum Sonnen lässt. Es ist klar, dass sie bei dieser Liebhaberei öde steinige mit Gestrüpp durchsetzte Berghalden, lichte Schläge und ähnliche Oertlichkeiten bevorzugt, vorausgesetzt, dass sie ihr Mäuse genug zur Nahrung bieten. Doch sieht man sie auch recht häufig auf Torfmooren, wenn dort umgestürzte Bäume etc. ihr geeignete Ruhesitze bieten und auf Haiden schlägt sie gleichfalls ihre Behausung auf, wenn sie dort auf freien Sandflecken sich sonnen kann. Ihre Höhle gräbt sie sich nicht selbst, sonder benutzt dazu Mäuselöcher, Maulwurfgänge, Fuchs-, Dachs- und Kaninchenröhren, Löcher unter und zwischen Steinen. Hauptsache ist, dass sie ein bequemes Plätzchen, am liebsten einen flachen Stein oder einen Baumstrunk in der Nähe hat, wo sie sich sonnen kann und dort kann man sie dann regelmässig antreffen. Im Sommer genügt ihr öfters auch das Moos- und Laubpolster, um sich bei schlechtem trübem Wetter zu bergen, für die kalte Jahreszeit, die sie im Winterschlaf überdauert, zieht sie sich in tiefere Klüfte hinunter. Da diese nicht so häufig sind, so finden sich in einer solchen öfters bis zu einem Dutzend Ottern beisammen. Der Winterschlaf dauert von November bis März, doch kommen sie in milden Wintern an schönen Tagen öfters heraus.

Ihre Nahrung sind hauptsächlich Mäuse, und unter diesen insbesondere die Feldmäuse, seltener kleine Vögel und Eidechsen. Zusammengerollt den Kopf in der Mitte des Tellers, das sie bildet liegt sie unverrückt still, bis eine Maus in Schussweite kommt; dann versetzt sie ihr blitzschnell einen Biss oder, besser gesagt, Stich mit ihren Giftzähnen, aber ohne sie festzuhalten. Die Maus macht noch ein paar Sätze, fängt zu taumeln an, ist nach wenig Sekunden todt und wird jetzt von der Otter, die ihr langsam folgte, mit dem Kopf voran in den dehnsamen Schlund befördert, selbst wenn sie 3—4 Mal so dick ist als die Schlange. Nach einer solchen Mahlzeit ist die Otter sehr träge, unbehülflich und kann sehr lange, bis zu einem halben Jahre, fasten. Die jungen Kreuzottern, die begreiflich noch keine Maus verschlingen können, nähren sich ausschliesslich von Eidechsen. In der Gefangenschaft nehmen sie durchaus keine Nahrung zu sich, speien sogar die etwa noch im Magen vorhandene beim Fangen aus.

Bei der Paarung winden sich die Kreuzottern um einander, das Männchen stülpt seine zwei etwa 1 Ctm. langen Begattungsglieder in die Kloake des Weibchens, und so bleiben sie mehrere Stunden vereinigt. Die Eier ruhen während der langen Entwicklungszeit in den Eileitern der Mutter und werden erst gelegt, wenn die Jungen zum Ausschlüpfen reif sind, so dass dieselben kaum nach dem Ablegen des Eies die Schale sprengen. Sie haben dann noch einen Dottersack an sich hängen, der aber bald abreisst. Die Eiablage geschieht im August und September. Wie alle Schlangen häuten sich auch die Kreuzottern etwa fünfmal im Jahre.

Der Hauptfeind der Giftschlangen ist der Igel, der sie ohne Umstände frisst, da er giftfest ist und kein Biss ihm schadet. Dasselbe gilt vom Iltis. Unter den Vögeln vertilgen die Bussarden, an deren hornbedeckter Fusshaut der Giftzahn wirkungslos abprallt, die meisten Giftschlangen, und auch der Eichelhäher weiss ihnen geschickt, ohne gebissen zu werden, mit raschem Schnabelhieb den Kopf zu spalten. Wer sie lebendig fangen will, kann der Otter, wenn er Stiefeln an hat, ungefährdet den Fuss auf den Leib setzen und sie am Schwanze unter dem Stiefel hervorziehen, da eine erwachsene Kreuzotter den Kopf nicht bis zu der sie am Schwanz in der Luft haltenden Hand hinaufbringen kann. Nur bei jungen kleinen Kreuzottern ist das Manöver gefährlich.

Die Kreuzotter wurde früher auch als Arzneimittel verwendet und allerlei Zeug daraus bereitet, in Italien geschieht das sogar noch jetzt mit der Viper, allein aus den deutschen Apotheken ist dieses ganz wirkungslose auf Aberglauben basirende Mittel verschwunden.

Die Erdsalamander (Salamandra).

Diese allbekannten Thiere standen schon im Alterthum im Geruch der fabelhaftesten Giftigkeit und Plinius sagt vom Feuersalamander, er sei boshafter als alle anderen giftigen Thiere: während letztere einzelne Menschen tödten, könne der Salamander ganze Völker vernichten, wenn sie sich nicht vorsähen; wenn er auf einen Baum krieche, so vergifte er alle Früchte, wenn mit Holz, das er nur mit einem Fuss berührt habe, Brot gebacken werde, so stürben alle, die von dem Brote essen etc. So schlimm ist es nun allerdings nicht, allein wenn man eine Zeitlang im Gegensatz zu obigen Fabeln den Erdsalamander für ein harmloses Thier hielt, so war das auch nicht richtig: er ist unzweifelhaft giftig, allein da er sein Gift nicht als Angriffswaffe, sondern nur zur Vertheidigung und auch hier nur zum Schutz gegen das Gefressenwerden gebraucht, so ist er für den Menschen gefahrlos, sobald dieser sich nicht muthwillig mit ihm zu schaffen macht. Das Gift ist in dem milchigen Saft enthalten, welchen die über den ganzen Körper verbreiteten erhabene Warzen vorstellenden Hautdrüsen absondern, und ist neuerdings in Form von krystallinischen Nadeln isolirt dargestellt und Salamandrin getauft worden. Versuche haben gezeigt, dass es ein äusserst heftiges, kleine Thiere schon in der ersten Minute tödtendes Gift ist, das örtlich reizt und heftige Schmerzen und Krämpfe erzeugt und zwar wirkt es sowohl von Wunden als vom Magen aus. Der Salamander macht von seinem Gifte nur in Todesnoth Gebrauch, wenn er gepeinigt wird, spritzt dann den Saft oft im Strahle hervor und vergiftet so die Thiere, die ihn fressen wollen. Der Mensch kann ihn jedoch unbedenklich in die Hand nehmen, da er ungereizt das Gift nicht von sich gibt und letzteres die Oberhaut nicht zu durchdringen vermag; nur die Schleimhäute von Mund, Nase und Augen dürfen nicht damit in Berührung kommen. Ueber ein Gegengift ist mir nichts bekannt geworden.

Die Untersuchungen über das Salamandrin sind bis jetzt nur mit dem Feuersalamander vorgenommen worden, es gilt aber gewiss dasselbe von der andern Art dieser Gattung, dem Alpenmolch, ebenfalls und folgende Beobachtung lässt mich vermuthen, dass auch die jetzt noch für gänzlich harmlos gehaltenen Wassersalamander (Triton) geringe Mengen von Salamandrin in ihrer Hautabsonderung haben. Als 16jähriger Knabe trug ich ein Dutzend lebender Wassersalamander in Ermangelung eines andern Behälters in meinem Taschentuche nach Hause. Beim Oeffnen waren sie ganz mit einer schaumig schleimigen Absonderung überzogen, die auch das Tuch durchnässt hatte. Ich trocknete letzteres, ohne es zuvor auszuwaschen und benützte es wieder, wodurch ich mir eine

heftige schmerzhafte Entzündung der Nase zuzog. Es wäre eine dankenswerthe Aufgabe für einen Chemiker diese Thiere auf Salamandrin zu untersuchen. Ebenso wäre es der Mühe werth die Absonderungen der Kröten zu prüfen, die früher gleichfalls im Ruf ungemeiner Giftigkeit standen, jetzt aber für ganz ungiftig erklärt werden. Darin, dass viele amphibienfressende Thiere die Kröten verschmähen, liegt ein genügender Fingerzeig für eine solche Untersuchung.

Von Erdsalamandern gibt es bei uns zwei Arten: Der gemeine Feuersalamander (Salamandra maculosa), Regenmolch etc. ist erwachsen stark handlang von Eidechsengestalt mit rundem Schwanz, nackter warziger Haut und glänzend schwarzer Grundfarbe, auf der grosse unregelmässige prachtvoll goldgelbe Flecken stehen. Er bewohnt durch ganz Deutschland feuchte schattige Orte, die in der Nähe Wassergräben haben, also dunkle Wälder, buschige Thäler etc., wo er bei Tage in Erdlöchern, Mauerspalten, Baumhöhlen etc. verborgen bleibt. Bei Regenwetter kommt er am hellen Tage hervor, sonst aber nur des Nachts, watschelt in trägem Gange umher und fängt die zu gleicher Zeit aus der Erde hervorstossenden Regenwürmer, die er mit Geduld und Beharrlichkeit aus ihren Löchern hervorzuziehen weiss, sobald er sie einmal am Kopfe gefasst hat. Daneben nimmt er auch Nacktschnecken und Insekten. Zur Begattung gehen sie im Frühjahr auf kurze Zeit ins Wasser, verlassen es dann wieder und erst nach etwa 1—1½ Monaten sucht das Weibchen am liebsten kalte Quellwasser auf, um den Laich abzusetzen. Derselbe besteht aus reifen Eiern, deren zartes Häutchen meist schon während des Legens reisst, so dass die Larve sofort frei wird. Letztere ist hell, ölgrün, dunkel marmorirt und mit Kiemen versehen und bleibt im Wasser, bis sie 3—4 Ctm. lang geworden; dann verlieren sich die Kiemen und das Thierchen verlässt meist im September das Wasser, um von jetzt an gleich seinen Eltern auf dem Lande zu leben.

Der Alpenmolch (Salamandra atra) ist erheblich kleiner als der Feuersalamander und einfärbig glänzend schwarz. Man findet ihn nur auf dem Hochgebirge, wo er oft gesellig unter flachen Steinen oder Holzstücken sitzt. Er ist in manchen Gegenden der Alpen so gemein, dass man fast unter jedem Stein 1—8 Stück findet und bei Regenwetter alles von ihnen voll läuft. Diese Art geht nie ins Wasser und hat eine merkwürdige Fortpflanzung. Von den zahlreichen, dicht gedrängt den Eileiter füllenden Eiern wird nur das am weitesten gegen die Mündung liegende befruchtet. Daraus schlüpft eine mit Kiemen versehene Larve, die bis zum Verlust der Kiemen im Leibe der Mutter lebt und

während dieser Zeit die unbefruchtet gebliebenen Eier aufzehrt. Bei der Geburt gleicht das Junge in allem seinen Eltern.

Die Barbe (Barbus fluviatilis).

Dies ist der einzige bei uns heimische Fisch, der hier aufgeführt werden muss, da sein Rogen d. h. die mit Eiern gefüllten Eierstöcke zur Laichzeit giftige Eigenschaften annimmt, die ich mit des alten Gessners Worten schildern will. „Die Eier sind ganz schädlich, dann sie führen den Menschen in Gefahr Leibes mit grosser Pein und Schmerzen: nämlich sie bewegen den ganzen Leib mit starkem Treiben oben und unten aus mit grosser Angst und Blödigkeit, welches die täglich Erfahrung in vielen Leuten genugsam erzeiget. Aus der Ursach soll sein Rogen wie gemeldt zu Stund hinweg geworfen werden, damit er nit durch Unwissenheit in die Speis komme.“ Von einer nähern Untersuchung dieses Rogengiftes ist mir nichts bekannt. Ebensowenig, dass es je tödlich gewirkt hätte.

Die Barbe gehört zu der Familie der karpfenartigen Fische, die durch zahnlose Kiefer, weiche Flossenstrahlen, nicht sägezähnige Bauchkante und Mangel der Fettflosse gekennzeichnet sind. Von den Angehörigen ihrer Familie unterscheidet sie sich dadurch, dass sie nur in der Rückenflosse einen starken Knochenstrahl, ein unterständiges von wulstigen Lippen umsäumtes Maul, daran vier Bartfäden, und einen ziemlich walzigen kleinschuppigen Leib hat. Sie wird selten schwerer als 3—4 Kilo und nur ausnahmsweise hat man solche von 9—12 Kilo gefunden. Ihr Hauptstandort sind die rascher fliessenden Stellen unserer Flüsse, wo sie sich auf dem kiesigen Grunde ihre Nahrung sucht. In das Bachgebiet steigt sie nicht hinauf, ebensowenig geht sie ins stille Wasser. Ihre Nahrung besteht vorzugsweise aus Wassermoos, das sie von Steinen abweidet, daneben nimmt sie allerlei Gewürm und Larven, nach denen sie zwischen den Steinen wühlt und mästet sich sehr gern mit Menschenkoth, Aas und allerlei Abfällen menschlicher Wirthschaft. Ihren Laich setzen sie im Mai und Juni auf seichten Stellen in rasch laufendem Wasser ab und dabei sammeln sie sich in langen Colonnen, ein Fisch hinter dem andern, unter lautem Geplätscher. Da sie dabei sehr achtlos sind und von jedem Unbefugten fast mit Händen gegriffen werden können, so sind die Vergiftungsfälle durch den Rogen viel häufiger als man glauben sollte. Im Winter stellen sie sich an schlammigen tieferen Stellen, wo das Wasser ruhiger fliesst, oft haufenweise zusammen um ihren Winterschlaf abzuhalten.

Das Fleisch der Barbe erreicht zwar an Güte das des Karpfen

nicht, allein sie gehört keineswegs zu den schlechten Fischen, namentlich wenn sie frisch aus ihrem Wohngewässer kommend verspeist wird.

Die giftigen und stechenden Kerbthiere.

Die Gifte der Insekten sind, so weit man sie bis jetzt untersucht hat, organische Säuren; die verbreitetste dieser Säuren ist die Ameisensäure; aus ihr besteht z. B. das Gift der meisten Bienen und Wespen und ebenso das in den Brennhaaren der Raupen enthaltene. Bei den grossen Laufkäfern, die aus einer Afterdrüse dem, der sie fängt, einen augenblicklich, namentlich auf der Gesichtshaut, äusserst heftig brennenden Saft entgegenspritzen, ist das Gift Buttersäure. Bei der Säurenatur der Kerbthiergifte ist natürlich das einzige Gegengift ein sie sättigendes Alkali und hierzu ist Aetzammoniak am tauglichsten, weil es an und für sich eine viel geringe Aetzwirkung hat, als die andern Alkalien. In Ermangelung von Ammoniak genügt es jedoch bei unseren einheimischen stechenden Kerbthieren, nasse Erde auf den Stich zu appliciren, da letztere stets soviel Ammoniak enthält, als zur Neutralisirung der Ameisensäure nöthig ist.

Bei den sogenannten Aculeaten, d. h. den bestachelten Aderflüglern, Bienen, Wespen und Stachelameisen, ist der Giftstachel eine Modifikation des auch bei Gall-, Schlupf- und Blattwespen vorkommenden Legebohrers, mit welchem die Weibchen dieser Thiere ihre Eier in Insekten- oder Pflanzentheile einstechen; deshalb besitzen auch nur die weiblichen Individuen (und Arbeiterinnen) einen Giftstachel. Er besteht aus 3—4 hornigen, gegen einander verschiebbaren Pfriemen; das Gift wird von zwei einfachen oder verästelten Drüsenschläuchen geliefert und sammelt sich in einer gemeinsamen Blase, die durch einen Gang mit der Höhlung des Stachels kommunicirt. Bei den Bienen hat der Stachel Widerhaken, so dass er aus der Wunde nicht mehr zurückgezogen werden kann. Er reisst deshalb ab, was für die Biene eine tödtliche Verwundung ist. Bei den übrigen bestachelten Aderflüglern ist dies nicht der Fall und sie können deshalb mehrmals stechen. Bei den Mordwespen dient der Giftstachel zum Tödten oder Lähmen ihrer Brut; letzteres bringen sie durch einen Stich in den Ganglienstrang (den Centraltheil des Nervensystems) hervor. Den Drüsenameisen fehlt der Stachel, sie beissen mit ihren Kiefern eine Wunde und spritzen das Gift aus dem Hinterleib in dieselbe.

Von den wanzenartigen Thieren (Hemiptera) können bekanntlich mehrere den Menschen stechen. Am meisten thut es die unten näher geschilderte Bettwanze, von den andern im Freien lebenden stechen besonders einige Wasserwanzen z. B. der Rücken-

schwimmer (Notonecta), vom Volk Wasserbiene genannt (sie hat die Grösse einer Biene und zwei sehr lange, abstehende Ruderfüsse), die flache, oben graue, unten rothe Skorpionwanze (Nepa cinerea) und die fingerlange, stäbchendünne Stabwanze (Ranatra linearis); die Blattwanzen machen von ihrem Stachel gegen den Menschen kaum Gebrauch. Der Stechapparat der genannten Thiere sitzt am Kopf und besteht aus einer gegliederten Röhre, in welcher sich 4 stehende Borsten bewegen, sie saugen damit thierische und pflanzliche Säfte. Ob ihrem Speichel giftige Eigenschaften zugeschrieben werden müssen, ist noch nicht näher untersucht.

Bekanntlich stechen auch einige Zweiflügler den Menschen empfindlich, namentlich die bis fingernagellangen Stechschnaken (Culex), die Flohschnake (Ceratopogon pulicaris), kaum grösser als ein Floh mit weissen braunpunktirten Flügelchen; der einer Stubenfliege ähnliche, aber durch den knieförmig gebogenen Stechrüssel unterscheidbare Wadenstecher (Stomoxys) und mehrere Bremsenarten (Tabaniden), ausser denen, die an ihren weisslich und grasscheckigen Flügeln kenntliche Regenbremse (Haematopota pluvialis) die zudringlichste ist; endlich der gleichfalls zu den Zweiflüglern gehörige, wenn auch flügellose Floh (Pulex irritans). Auch bei diesen Thieren, wie bei den wanzenartigen, sitzt der Stechapparat am Kopfe und besteht aus den Mundwerkzeugen, die zu stechenden Borsten umgewandelt sind und die Bestimmung haben, Blut aus einer Wunde zu erlangen. Ob sie ein Gift in die Wunde fliessen lassen, ist meines Wissens nicht untersucht, scheint mir aber für die Schnaken, Bremsen und Wadenstecher bejaht werden zu müssen, da der Stich stärker schwillt und juckt, als es bei einer blos mechanischen Verletzung zu erwarten wäre. Auch habe ich bei den Stechschnakenstichen von Ammoniak entschiedene Linderung gespürt. Bei Flöhen, Schnaken und Bremsen stechen nur die weiblichen Thiere, gerade so wie dies von den Aderflüglern gilt. Waschen der unbedeckten Theile mit Essigwasser soll ein Vorbeugemittel gegen Schnakenstiche sein. Gegen Flöhe ist Insektenpulver ein vorzügliches Mittel.

Die Abtheilung der Schmetterlinge liefert uns bekanntlich einige Raupenarten, die mit Brennhaaren versehen sind. Diese Haare sind hohl und stehen durch einen feinen Kanal mit einer einzelligen, unter der Chitindecke liegenden Drüse in Verbindung, die ein aus Ameisensäure bestehendes Gift liefert. An ihrer Oberfläche sind sie mit Widerhaken besetzt. Wie es scheint, können die meisten die Haut des Menschen nicht durchstechen, sondern dringen nur in die Oeffnungen der Schweiss- und Balgdrüsen und Haarbälge ein, wo sie abbrechen und ihr Gift ergiessen. Alle Brennraupen gehören zu der Familie der Spinner (Bombyces). Am berüchtigsten sind die Eichenprozessionsraupen (Bombyx

processionea), die Nadelholzprozessionsraupen (B. pityocampa und pinivora) und die auf Laubholz und Obstbäumen lebenden Goldafterraupen (bes. Bombyx chrysonhoea); weniger empfindlich sind die auf der Erde laufenden Bärenraupen (Arctia) und der Brombeerspinner (Gastropacha rubi).

Bei den Spinnen, von denen jedoch die einheimischen Arten die Haut des Menschen nicht durchstechen können, sitzt der Giftapparat in den klauenförmigen, am Kopfende sitzenden Kieferfühlern. Zu jedem Fühler gehört eine schlauchförmige Giftdrüse, die bis in den Kopfbrust hereinragt und durch einen Gang mit der hohlen, gleich einer Katzenkralle einschlagbaren Giftklaue am Ende des Kieferfühlers verbunden ist

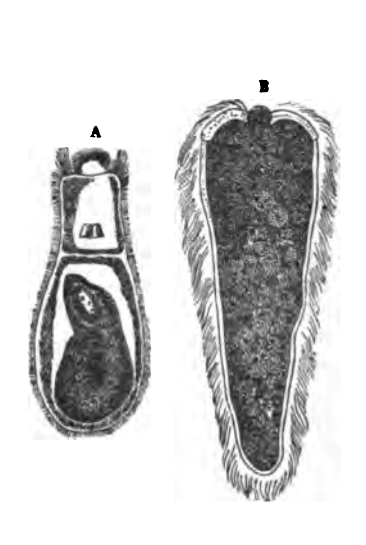
Bei den Skorpionen liegt der Giftapparat im sogenannten Schwanze (Postabdomen). Die feinspitzige gekrümmte Endspitze des letzten Gliedes ist doppelt durchbohrt und in dem blasenförmig aufgeschwollenen Wurzeltheil dieses Endgliedes liegen zwei dazu gehörige ovale Giftblasen. Früher machte man von den Skorpionen Skorpionöl.

IV. Die menschlichen Parasiten.

Wir geben dieselben im Folgenden nicht vollständig, sondern nur die wichtigsten, welche die Gesundheit des Menschen beeinträchtigen und grösstentheils Kunsthilfe, beziehungsweise pharmazeutische Mittel beanspruchen.

Die Leberegel (Distomum).

Diese Thiere gehören zu der Familie der Saugwürmer (Trematoden), die man an dem egelartig flach gedrückten ungeringelten Leib und dem Besitz von einem Mund sammt Darm er-



A) Embryo eines Egelwurms (Monostomum mutabile) mit der Amme in seinem Innern.
B) Embryo von Distomum hepaticum ohne Amme.



A) Reife Amme von Distomum echinum mit Cercarienkeimen im Innern.
B) freie Cercarie.

kennt. Die Leberegel sind kürbiskerngrosse und fast ebenso geformte Thiere mit einem musterförmigen Saugmaul am einen Körperende und dicht dahinter einem grossen Saugnapf, zwischen beiden liegt die Geschlechtsöffnung. Der gemeine Leberegel (Distomum hepaticum) ist nach vorn und hinten ziemlich gleich zugespitzt; das seltenere Distomum lanceolatum ist nach vorn stärker zugespitzt als nach hinten und gestreckter, lanzettförmig.

Die Leberegel leben, und zwar oft in grosser Anzahl, in den Gallengängen der Leber und zwar fast bei allen Schlacht- und Zugthieren, am häufigsten bei den Schafen, gelegentlich auch beim Menschen. Die Gallengänge werden dadurch erweitert, ihre Wand beträchtlich verdickt, die Ernährung des Thieres leidet immer mehr Noth und die „Leberfäule" oder „Egelseuche" endet meist mit allgemeiner Wassersucht und vorausgehenden Diarrhöen tödtlich. Eine ärztliche Behandlung ist nicht möglich, wohl aber die Anwesenheit der Würmer durch die zahlreichen, aber nur mit dem Mikroskop sichtbaren Eier in dem Koth des Wirthes zu constatiren.

Ueber die Entwicklungsgeschichte des Thieres ist man noch nicht aufgeklärt und deshalb der Ansteckungsvorgang nur annähernd zu bestimmen. Dagegen kennt man den Entwicklungsgang einiger anderer Arten dieser Gattung, namentlich des in den Wasservögeln lebendenden Dist. echinatum. Letzterer ist im Wesentlichen folgender: Aus dem Ei des Leberegels schlüpft, wenn dasselbe ins Wasser gelangt, ein mit einem vollständigen Flimmerkleid überzogener winziger Embryo, der frei im Wasser schwimmt (Abb.). Nach Abwurf des Wimperkleides trifft man als Fortsetzung eine im Innern desselben gerereifte sogenannte Amme (Redia) (Abb.) in der Leber oder unter der Haut der gemeinen Teichhornschnecken als einen königsgelben Wurm mit einem Kopf, einem stumpfen Schwanz und daneben jederseits einem kurzen Zapfen. Im Innern dieser Amme entsteht auf ungeschlechtlichem Wege eine Brut eigenthümlicher, d. h. kaulquappenartig gestalteter, sehr beweglicher Thierchen mit einem Bohrstachel an der Spitze des flachen Leibes, einem Bauchsaugnapf und einem beweglichen Ruderschwanz. Da man diese Thierchen eine Zeit lang für selbständige Wesen hielt, hat man sie Cercarien (Abb.) getauft. Sie verlassen den Körper der Amme und den ihres Wirthes, schwärmen eine Zeit lang im Wasser und bohren sich jetzt neuerdings durch die Haut einer Schnecke, wobei sie ihren Ruderschwanz abwerfen. Unter der Haut angekommen, kapseln sie sich ein, werfen ihren Bohrstachel ab und sind nun junge Egelwürmer, die nur noch zu wachsen brauchen. Dies geschieht jedoch erst, wenn die von ihnen bewohnte Schnecke von einem Wasservogel gefressen wird; sobald die Käpselchen, in denen der Wurm steckt, verdaut sind, kriecht derselbe durch den Gallengang an seinen bleibenden Wohnort.

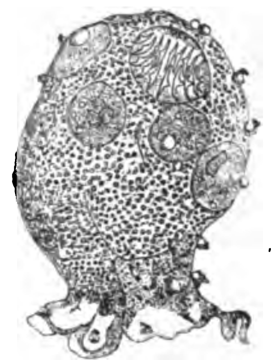
Ueber die Leberegel der Menschen und der Hausthiere weiss man nun nur soviel, dass auch aus ihren Eiern, sobald sie ins Wasser kommen, ein bewimperter Embryo schlüpft, der munter umherschwimmt. Wahrscheinlich erfolgt nun auch hier eine Einwanderung in Wasserschnecken und vermuthlich in solche, die wie Physa fontinalis, Lymnaeus pereger und andere in Quellgräben an den Wasserpflanzen sitzen; denn es ist Thatsache, dass Schafe, auf deren Weide solche Wassergräben sich befinden, besonders häufig von der Egelseuche befallen werden, auch ist es bei den Schäfern ganz traditionell, dass sie das Weiden der Schafe am Wasserrand für schädlich halten. Der Mensch steckt sich möglicherweise durch Brunnenkressengenuss oder einen unvorsichtigen Trunk aus solchen Quellen an, wobei eine dieser kleinen Schnecken verschluckt wird.

Die Bandwürmer (Cestoden).

Die Bandwürmer sind (wenigstens die hier in Betracht kommenden Arten) im ausgebildeten Zustande flache langgestreckte vielgliedrige Würmer ohne Darmkanal, mithin auch ohne Mund, welche jedoch im Verlauf ihrer Entwicklung unter mehrerlei Gestalten auftreten, weshalb ich mit dem Entwicklungsgang beginne.

Die Eier der Bandwürmer, die mit einer sehr derben Kapsel versehen sind, werden von den reifen Bandwurmgliedern theils innerhalb, theils ausserhalb des Körpers abgelegt und gelangen so ins Freie, wo sie offenbar durch lange Zeit alle Unbilden der Witterung, der Fäulniss, Vertrocknung etc. ohne Nachtheil über sich ergehen lassen können und mit dem Dung und Staub schliesslich an Futterkräuter, Gemüsepflanzen etc. verstreut werden. Wenn nun ein pflanzenfressendes Thier auf diese Weise die winzigen Eier verschluckt, so schlüpft aus denselben ein mit drei Paar feinen Hornhaken besetzter birn- oder kugelförmiger Embryo „sechshakiger Embryo", der die Darmwand seines Wirthes durchbohrt und nun auf den zahlreichen sich ihm darbietenden Wegen in irgend einen Gewebstheil einwandert. Dort schwillt der Embryo zu einer oft sehr grossen kugligen Blase an, die mit einer wässrigen Flüssigkeit gefüllt und deren dünne Wand von zahlreichen Saftkanälchen durchzogen ist. Auf der Innenwand dieser Blase erscheint bald (je nach der Art) eine oder eine grössere Zahl von knopfförmigen Erhabenheiten, die hohl sind, auf dem Grunde dieser Höhlung meist eine Warze tragen und auf letzterer häufig noch (je nach der Art) einen oder zwei Kränze harter horniger Häkchen. Jene Knöpfchen sind die (Abb. pag. 277) Scolices oder Bandwurmköpfe. In diesem Zustand heisst das Thier, das man früher für ein selbständiges Wesen hielt, „Blasenwurm"

oder „Finne" (Gysticercus) und es verharrt in demselben bis zum Tode seines Wirthes. Sobald nun ein fleischfressendes Thier das mit Finnen besetzte Fleisch des Pflanzenfressers geniesst, wird die Blase verdaut und der Scolex frei. Dieser stülpt sich jetzt um wie ein Handschuhfinger, so dass die Warze im Grund der Leibeshöhle frei auf der Spitze des Thieres sitzt, je nach der Art nackt oder mit den erwähnten Hakenkränzen oder mit scheibenförmigen Saugnäpfen oder beidem geziert. Der Scolex nistet sich im Darm seines neuen Wirthes fest und wächst zum Bandwurm aus. Dabei gliedert sich zuerst das hintere Ende als erstes Glied ab, dann folgt zwischen ihm und dem Kopf ein zweites und so fort, so dass das neue Glied immer zwischen dem Kopf und dem unmittelbar daran gränzenden Gliede sich bildet, mithin das vom Kopf entfernteste das älteste grösste und reifste, das dem Kopf nächste das jüngste kleinste ist. Eine solche Bandwurmgliedkette (Strobila) kann 3—4000 Glieder enthalten, so dass sie mehrere Meter misst. Das einzelne Glied (Proglottis) ist als ein Individuum aufzufassen, da jedes im Besitz eines männlichen und weiblichen Geschlechtsapparates ist, alle Glieder einander völlig gleichen (bis auf die Unterschiede im Reifegrad) und dieselben sich nach erlangter Reife einzeln oder zu mehreren von der Kette loslösen, um ihren Wirth zu verlassen. Sie sind um diese Zeit mit hunderttausenden von Eiern gefüllt, kriechen sich windend und krümmend auf der Erde oder dem Kothe ihres Wirthes umher und entleeren dabei ihre Eier als eine trübmilchige Flüssigkeit.



Scolex einer Finne.

Der Lebenslauf verlangt also einen Wirthswechsel in der Art, dass das Ei von einem pflanzenfressenden Thier und die Finne von einem Fleischfresser verschlungen werden muss, in welch letzterem der reife Bandwurm haust. Seltener kommt es vor, dass der Fleischfresser sich mit seinen eigenen Bandwurmeiern ansteckt und dann gleichzeitig Finnenträger und Bandwurmträger ist. Die einzelnen Bandwurmarten halten sich nun an das Paar von Wirthen, die dadurch mit einander biologisch verbunden sind, dass der eine das Fleisch des Andern frisst.

Da der Mensch sowohl Pflanzen als Fleisch geniesst, so ist er beides: Finnenträger und Bandwurmträger und die Thiere, mit denen er seinen Wurmhandel unterhält, sind seine Schlachtthiere, die ihm ihre Finnen behufs der Erziehung zum Bandwurm, und der Hund, der ihm seine Bandwurmeier übergibt, um sie zu Finnen ausbrüten zu lassen. Ausserdem kann er sich auch mit seinen

eigenen Bandwurmeiern selbst anstecken, letzteres geschieht jedoch nur wenn reife Bandwurmglieder durch Erbrechen in den Magen gelangen oder bei Unreinlichkeit vom Munde aus, wenn Eier in letzteren kommen.

Die Bandwürmer rufen in der Kettenform nur dann schwerere Erkrankung ihres Wirthes hervor, wenn sie durch ihre Zahl oder durch Knotenbildung die Wegsamkeit des Darmkanals beeinträchtigen, dann können sie sogar den Tod veranlassen; sonst erzeugen sie nur lästige Gefühle und werden durch das Abgehen der Glieder widerwärtig. Die möglichst rasche Beseitigung derselben ist jedoch auch deshalb geboten, weil die Gefahr der Selbstansteckung und damit das Auftreten von Finnen stets vorhanden ist. Die wichtigsten Bandwurmmittel sind Farrnkrautwurzel (Radix filicis maris), Granatwurzelrinde (Cortex Granati radicis) und Kousso (Flores Brayerae); allein alle diese Mittel wirken nur, wenn sie möglichst frisch sind.

Die medizinische Bedeutung der Finnen ist sehr verschieden je nach ihrem Sitz. Die, welche im Zellgewebe der Haut oder zwischen den Muskeln sitzen, sind harmlos, dagegen bringen solche, die im Gehirn sitzen, schwere Hirnerkrankungen, solche die ins Auge eingedrungen sind, Störungen des Sehvermögens bis zur Blindheit hervor und die von Taenia echinococcus, die in der Leber sitzen, erzeugen, da sie fort und fort wachsen, umfangreiche Lebergeschwülste mit Ausgang in Tod oder Genesung, wenn die Wurmblase durch Kunsthilfe oder freiwilligen Durchbruch durch die Bauchwand zur Ausstossung kommt.

Die Arten, um die es sich bei uns in Europa handelt, sind folgende:

Der Grubenkopf (Bothriocephalus latus) ohne Saugnäpfe und Hackenkranz; die Bandwurmglieder, viel breiter als lang, tragen die Geschlechtsöffnung auf der Mitte der flachen Seite. Der entsprechende Finnenzustand ist noch unbekannt, den Embryo hat man im Wasser gefunden und es ist möglich, dass dieser Wurm keinen Finnenzustand hat.

Der Schweinsfinnenbandwurm (Taenia solium) mit einem einfachen Hakenkranz aus etwa 26 Haken und 4 Saugnäpfen, die Glieder sind länger als breit, ihr milchig trüb durchscheinender Eibehälter hat nur wenige seitliche Ausläufer, die Geschlechtsöffnung liegt bei ihm wie bei allen folgenden am scharfen Rande des Leibes, die Kette wird 2—3 Meter lang. Die Finne (Cysticercus cellulosae) ist eine bis bohnengrosse Blase mit einem einzigen an der Seite des bohnenförmigen Körpers sitzenden Scolex. Die Finne lebt meist massenhaft im Fleisch des Schweines und der Mensch zieht sich demnach obigen Bandwurm durch den Genuss von ungekochtem

finnigen Schweinefleisch zu. Durch Selbstansteckung kann der Mensch auch Finnenträger werden.

Der Rindsfinnenbandwurm (Taenia mediocanellata). Der Kopf hat keinen Hakenkranz, sondern nur vier Saugnäpfe, die Glieder sind hinten hinaus länger als breit, manche auch fast quadratisch, der milchig durchscheinende Eibehälter hat äusserst zahlreiche seitliche Ausläufer, die Kette wird bis 4 Meter lang. Die zugehörige Finne, die keinen eigenen Namen führt, lebt in dem Muskelfleische des Rindes und ist kugelrund oder an einem Polle etwas zugespitzt. Der Mensch erhält mithin obigen Bandwurm durch den Genuss von ungekochtem rohem Rind- und Ochsenfleisch.

Der Hundebandwurm (Taenia marginata) lebt als Bandwurm in Hund und Wolf. Der Kopf hat einen einfachen Hakenkranz aus 36 Haken und vier Saugnäpfe. Die Glieder sind vorn breiter als lang, die reifen nahezu quadratisch, die Länge der Kette beträgt 1,5—2,5 Meter. Die zugehörige Finne (Cysticercus tenuicollis) lebt im Netze, seltener der Leber unserer Wiederkäuer und Schweine, manchmal auch des Menschen; sie ist eiförmig bis mandelgross, mit einem halsartigen Ende, in welchem der Scolex sitzt.

Der Zwergbandwurm des Hundes (Taenia echinococcus). Dieser winzige Bandwurm, der gesellig im Darm des Hundes lebt ist nur 0,4 Ctm. lang und hat blos 3—4 Glieder. Der Kopf trägt einen doppelten Hakenkranz und vier Saugnäpfe. Die Finne (Echinococcus veterinorum) bildet eine eigentlich in infinitum fortwachsende Blase, in der zahlreiche andere Blasen eingeschachtelt sind, in welchen letzteren wieder Blasen sitzen etc.; in und an den kleinsten Blasen hängen die Scolices. Die Finne wohnt am häufigsten in Leber und Lunge der Wiederkäuer, des Schweins und des Menschen, seltener im Gehirn und andern Körpertheilen und bringt wegen ihrer beträchtlichen Grösse schwere Störungen hervor.

Die Rundwürmer (Nematoden).

Die Rundwürmer haben einen cylindrischen langgestreckten ungegliederten glatten Körper, einen Darmkanal und getrennte Geschlechter.

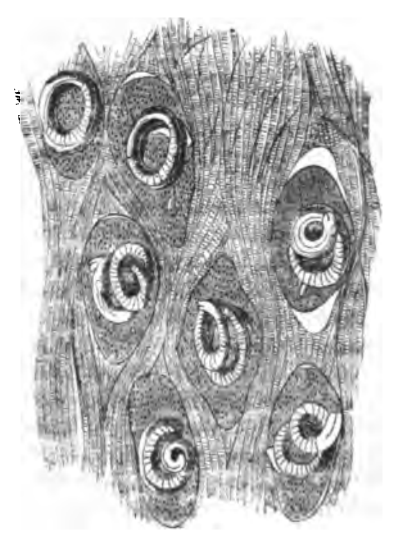
Der gemeinste Rundwurm des Menschen ist der Spulwurm (Ascaris lumbricoides), ein über handlanger, federkieldicker glatter blassfleischfarbiger Wurm mit etwas durchscheinender Körperwand und dreieckiger, von vier Knötchen umgebener Mundöffnung. Dieser Wurm ist am häufigsten bei Kindern, namentlich von Landbewohnern, und wird oft in erstaunlicher Menge angetroffen. Sind wenige da, so sind die Störungen gering: Kitzeln im After und in der Nase, Wechsel von Verstopfung und Abweichen, Pup-

pillenerweiterung, unruhiger Schlaf etc. In grossen Massen können sie schwere nervöse Erscheinungen und durch Verknäulung Verstopfung des Darmkanals mit Tod hervorrufen. Durch Eindringen in die Zellenwege, in die Luftröhre, ist gleichfalls Gefahr in Aussicht. Die Anwesenheit der Spulwürmer ist durch die mikroskopische Untersuchung des Kothes leicht zu constatiren, da jedes Weibchen täglich c. 15,000 Eier legt, die mit dem Koth abgehen, also in einem Jahr 60 Millionen! Das Haupt- und eigentlich einzige spulwurmwidrige Mittel ist der Zittwer- oder Wurmsamen (Semen Cinae s. Santonici) beziehungsweise dessen wirksames Alkaloid, das Santonin. Die Entwicklungsgeschichte des Spulwurms ist der Hauptsache nach noch nicht bekannt. Man weiss, dass die Eier eine ungeheure Widerstandskraft besitzen und dass im Wasser oder, und zwar noch schneller, im feuchten Erdboden der Ei-Inhalt sich in einen dem erwachsenen Thier zwar ähnlichen aber nicht ganz gleichen Embryo verwandelt, aber erst nach Monaten und ohne die Eischale zu verlassen. Weiter weiss man, dass der Mensch solche embryonenhaltige Eier verschlucken kann, ohne dass sie in ihm ausschlüpfen. Die Ansteckung muss also auf andre Weise vor sich gehen und wahrscheinlich erfolgt das Ausschlüpfen in einem noch unbekannten Zwischenwirth wie bei Leberegeln und Bandwürmer und der unten zu erwähnenden Trichine.

Der Spitzwurm oder Madenwurm (Oxyuris vermicularis) ist ein kleiner höchstens einen Ctm. langer schlanker, sehr beweglicher milchweisser Wurm mit zugespitztem hinterem Körperende, der gewöhnlich in Massen im Mastdarm von Kindern, seltener bei Erwachsenen gefunden wird. An seinem Aufenthaltsort erzeugt er nur einen lästigen Kitzel und ist bei männlichen Kindern von keiner besondern Bedeutung. Allein bei weiblichen Kindern verirrt er sich manchmal in die Scheide, denn namentlich in der Bettwärme kommen sie oft aus dem After heraus und schlängeln und bohren in der Gesässfalte, wo ihnen dann das Kratzen des Wirthes noch dazu hilft, auf falsche Wege zu gerathen. In der Scheide erzeugt er sehr unangenehme Zufälle. Ueber die Entwicklung und Einwanderung der Madenwürmer stellt Leuckart folgendes auf: Die Eier entwickeln schon in dem Wirth in ihrem Innern reife Embryonen denen die Eintrocknung nichts schadet, sie verstäuben und gelangen da sie in ungeheurer Zahl produzirt werden schliesslich auf allerlei Nahrungsmittel, die wir roh geniessen. Ist einmal eine Einwanderung erfolgt, so kommt die Selbstansteckung hinzu, um sie endlos zu vermehren. Man findet nämlich zahlreiche Eier in der Umgebung des Afters und da die Thiere heftiges Jucken erzeugen, so kratzen sich die Kinder in der Gesässfalte, bringen die Eier an die Finger und unter die Nägel und so schliesslich in den Mund. Eine direkte Fortpflanzung der Spitzwürmer im

Darm stellt Leuckart in Abrede, da das Ei nur im Magen ausschlüpfen könne. Das Hauptmittel gegen die Spitzwürmer sind Klystiere mit Knoblauchabkochung, dazu gehört dann peinliche Reinlichkeit, fleissiges Wechseln der Wäsche, Waschen der Hände, Vermeiden des Kratzens am After.

Die Trichine (Trichina spiralis) ist der gefährlichste aller Rundwürmer und durch seine Lebensweise genügend charakterisirt. Der Zustand, in welchem sie den grössten Theil ihres Lebens zubringt, ist ihr Jugendzustand, in dem man sie „Muskeltrichine" nennt. Hierbei liegt sie in aufgerolltem Zustand als ein mikroskopisch kleines $^1/_2$—1 Mm. langes schlankes, fast durchsichtiges Würmchen in einer eiförmigen Kapsel, die innerhalb eines Muskelfadens ihres Wirthes sitzt. In der ersten Zeit nach der Einwanderung ist die Kapsel noch durchsichtig, später wird sie durch Ablagerung von Kalksalzen kreidig undurchsichtig und schliesslich kann auch der Wurm durch Verkreidung zu Grunde gehen. In diesem eingekapselten Zustand ist sie völlig unthätig, wächst auch nicht, und bringt deshalb auch ihrem Wirth keinerlei Beschwerden; ferner hat sie zu



Fleisch mit eingekapselten Muskeltrichinen.
50 mal vergrössert.



Darmtrichinen (Trichina spiralis)
a) Weibchen. b) Männchen.
c) Junges.
c. 50 mal vergrössert.

dieser Zeit weder ihre völlige Grösse, noch ihre Geschlechtsreife erreicht und kann nach den neuesten Erfahrungen über 20 Jahre in lebendigem Zustand den Tod ihres Wirthes erwarten. Ein Fortschritt erfolgt erst, wenn das von ihr bewohnte Fleisch von einem anderen Thiere verzehrt wird; dann zerstört die Verdauung die sie umhüllende Kapsel, die junge Trichine wird frei, wächst in wenigen Stunden zur geschlechtsreifen Form heran, begattet sich und im Eierstock fangen die Eier an sich zu fertigen Jungen zu entwickeln. In diesem geschlechtsreifen Zustande, als sogenannte „Darmtrichine" ist das Männchen $1^1/_2$, das Weibchen $2^1/_2$—$3^1/_2$ Mm. lang und lezteres produzirt tausende lebendig zur Welt kommende Jungen (Abb. *c*), die sich sofort durch die Darmwand des Wirthes hindurchbohren und entweder mit Benutzung der Gefässwege oder im interstitiellen Bindegewebe fortschlüpfen, um in die Muskeln ihres Wirthes, besonders in die des Zwerchfells, der Brustwand, des Halses, der Zunge einzuwandern. Dort angekommen bohren sie sich in einen Muskelfaden ein, um schliesslich als Muskeltrichinen wieder zur Ruhe zu kommen.

Aus dem eben Gesagten ergiebt sich, dass auch dieser Eingeweidewurm einen Wirthswechsel zu seiner Entwicklung bedarf und die beiden Wirthe, die bis jetzt mit Sicherheit ausgemittelt wurden, sind Mensch und Schwein. Dass der Mensch sie nur durch den Genuss von mit Muskeltrichinen besetztem Schweinefleisch erhält, ist zweifellos festgestellt, ebenso sicher, dass ein mit trichinösem Menschenfleisch gefüttertes Schwein eine Trichineneinwanderung bekömmt. Allein da im Allgemeinen ein Schwein unter gewöhnlichen Umständen nicht in die Lage kommt, Menschenfleisch zu fressen, so hat man sich vielfach bemüht, einen dritten diese Uebertragung vermittelnden Zwischenwirth oder besser gesagt einen solchen zu finden, der die Vermittlung von Schwein zu Schwein besorgt. Fütterungsversuche haben nun allerdings ergeben, dass die Trichine in mehrere uns näher stehende Säugethiere, wie Ratte, Maus, Marder, Fuchs etc. einwandern kann, allein da doch auch diese nicht so leicht von einem Schweine verzehrt werden, so kann die Sache noch nicht für abgeschlossen erklärt werden. Die Folgen der Trichineneinwanderung sind für das Schwein nach den angestellten Versuchen höchst unbedeutend, um so empfindlicher dagegen für den Menschen. Die Durchbohrung des Darmkanals durch Hunderttausende dieser Würmer hat eine heftige Entzündung des Darms und des Bauchfells, sehr häufig mit tödtlichem Ausgang, zur Folge. Wenn nicht, so treten heftige Muskelschmerzen und Lähmungserscheinungen in Folge des Einbohrens in die Muskeln hinzu, die erst nach langem Siechthum sich verlieren. Die Verderblichkeit dieses Wurmes geht daraus hervor, dass im Jahre 1865 in Hedersleben zu gleicher Zeit nahe-

zu 500 Personen an der Trichinose erkrankten, von denen 100 gestorben sind. Im Jahr 1863 wurden in Hettstädt von einem einzigen trichinösen Schweine 159 Personen angesteckt, von denen 28 starben.

Nach dem bisherigen Stande unseres Wissens sichert einmal das Kochen und völlige Durchbraten des Schweinefleisches vor der Ansteckung, zweitens sollte das Schweinefleisch einer mikroskopischen Untersuchung unterworfen werden. Letztere lässt man nun auch von Amtswegen durch angestellte Beamte der Polizei vornehmen, allein da in grossen Städten diese Untersuchung kaum durchzuführen ist und in gewinnsüchtiger Absicht umgangen wird, so halte ich den gesetzlichen Weg für den besseren: Wenn jeder Metzger, der trichinöses Fleisch verabreicht, wegen fahrlässiger Tödtung criminell bestraft und den Beschädigten auf dem Civilrechtsweg Schadenersatz durch den Veranlasser zuerkannt wird, so werden sich die Metzger bald die Fähigkeit erwerben, ihre Schweine selbst auf Trichinien zu untersuchen, oder werden sie auf ihre Posten untersuchen lassen.

Die Läuse (Pediculina).

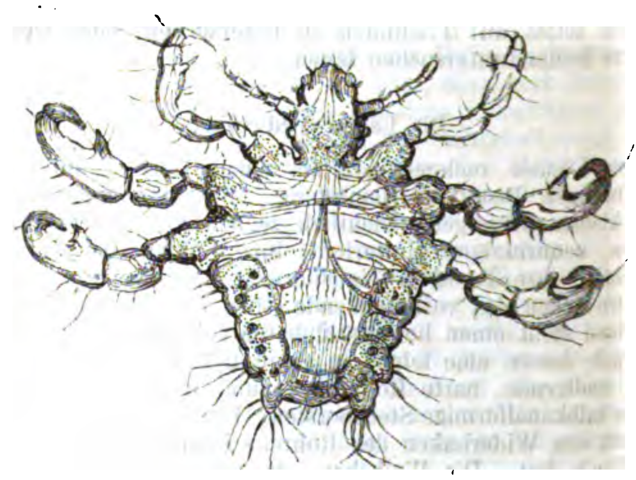
Die Läuse rechnet man als eine eigene Familie zu den wanzenartigen Insekten (Hemiptera). Sie sind flügellos, haben einen kleinen 6füssigen undeutlich gegliederten Thorax und einen grossen, neunringigen Hinterleib, ihre Fühler sind kurz, fädig, 5gliederig, ihre Tarsen zweigliederig, mit einem grossen hakenförmigen gegen das vorhergehende Glied einschlagbaren Endglied. Der Mund stellt einen hervorstülpbaren fleischigen Saugrüssel dar, innerhalb dessen eine feine, in einen mit Widerhaken besetzten Knopf endigende, harte Röhre liegt und in dieser bewegen sich 4 feine halbkanalförmige Stechborsten. Letztere stechen die Wunde und mit den Widerhaken des Röhren-Knopfes halten sie sich in der Wunde fest. Die Weibchen, die grösser sind als die Männchen, kleben die Eier an die Haare nahe der Wurzel fest. Die Jungen kriechen nach 9 Tagen aus und sind nach 18 Tagen erwachsen. Die Läuse nähren sich vom Blut ihrer Wirthe.

Die in Deutschland gemeinste Art ist die Kopflaus (Pediculus capitis), die sich fast nur zwischen den Kopfhaaren des Menschen aufhält und blos bei colossaler Anhäufung sich über den Körper und die Kleider zerstreut. Ihre Eier legt sie an die Kopfhaare.

Die zweite ganz ähnliche Art ist die Kleiderlaus (Pediculus vestimenti), die in Deutschland nur vereinzelt vorkommt, dagegen in den slavischen Ländern ihre eigentliche Heimath hat. Sie lebt nicht zwischen den Kopfhaaren, sondern steckt zwischen

den Kleidern und saugt an allen Körpertheilen, auch ihre Eier legt sie an die Kleider und vermehrt sich also besonders bei solchen Leuten, welche ihre Leibwäsche selten wechseln. Ihr Lieblingssitz ist Hemd- und Rockkragen. Mit der Einführung der Wollhemden, die seltener gewechselt werden, dürften sie auch bei uns häufiger werden.

Die dritte Art ist die Auszehrungslaus (P. tabescentium). Sie ist ähnlich der vorigen in Deutschland sehr selten und nur östlich davon zu finden, aber auch hier selten. Diese Laus, deren Lebensweise noch mancher Aufklärung bedarf, wird in Geschwüren der Haut zahlreich und massenhaft angetroffen und die Medizin spricht von einer eigenen durch sie erzeugten Krankheit, der „Läusesucht". Ob und wie sie diese Geschwüre veranlasst, scheint nicht ermittelt zu sein, denn im Ganzen ist diese Krankheit auch da, wo sie vorkommt, selten.



Filzlaus (Phthirius inguinalis).

Die vierte Art ist die Filzlaus (Phthirius inguinalis). Während bei den vorigen Arten der Kopf meist viel schmaler ist als der Hinterleib hat diese Art einen weit breiteren eiförmigen Hinterleib und die Beine sind viel länger als bei den vorigen und mit mächtigen Endgliedern versehen, mit deren Hülfe sie sich sehr fest an die Haare anhaken. Die Filzlaus lebt in der Regel nur in den Schamhaaren und in den Haaren der Achselhöhle; erst wenn es ihnen dort an Platz mangelt, siedeln sie beim Mann in die Barthaare und die Augenbrauen über. Ihre Weiterverbreitung geschieht deshalb auch fast nur durch den Verkehr der Geschlechter.

Ausser der Reinlichkeit hat man als Mittel gegen die Läuse ziemlich allgemein die graue Quecksilbersalbe (Unguentum hydrargyri cinereum) für die Filzlaus und eine Salbe von weissem Präcipitat für die Kopflaus im Gebrauch. Bei den Kleiderläusen genügt die Reinigung der Kleider durch Waschen und Bügeln.

Die Bett-Wanze (Acanthia lectularia).

Die Bett-Wanze gehört zu den Hemipteren und zwar zur Familie der Haut-Wanzen (Membranacei) mit 4gliedrigen an der Spitze gekeulten oder geknöpften Fühlern, einem in eine Kehlrinne eingeschlagenen Rüssel mit dreigliedriger Scheide; die Tarsen sind zweigliedrig und der Körper flachgedrückt, die Punktaugen fehlen. Bei der vorliegenden Gattung fehlen die Flügel. Die Art kennt man an der rostbraunen Farbe, der überall verbreiteten braunen Behaarung und dem Aufenthaltsort. Sie lebt nie auf dem Menschen selbst, höchst selten versteckt sich einmal eine in den Kleidern; der regelmässige Aufenthalt sind die Schlafzimmer der Wohnungen, die Tauben- und Hühnerställe. Hier hält sie sich bei Tage versteckt in den Ritzen der Bettstellen, den Falten der Matratzen und Couvertdecken, den Fugen der Nachtkistchen, hinter den Rahmen benachbarter Portraits, an den Zimmerwänden, in Mauerspalten, Nagellöchern, hinter abgelösten Tapeten, dem Getäfel, und sitzt selbst frei an der Wand und den Zimmerdecken, auch in den Spalten der Fussböden. Ihre walzigen perlmutterglänzenden Eier legt sie an denselben Orten ab, wo sie sich aufhält und besudelt diese Nester mit ihrem braunen stinkenden Kothe. Ueber Winter ruht die Vermehrung, sofern die Schlafzimmer nicht geheizt sind; die Jungen sind den Alten gleich und fangen sogleich an zu stechen. Letzteres thun die Wanzen nur des Nachts und auch hier können sie als lichtscheue Thiere durch das Brennenlassen eines Lichtes ziemlich in Respekt erhalten werden.

Die Apotheken führen gegen die Wanzen Nieswurztinctur, und eine weingeistige Sublimatlösung mit Terpentin (zwei sich nicht mischende Flüssigkeiten). Als das wirksamste lernte ich gutes Insektenpulver kennen und eine in Wien gebräuchliche braungelbe Tinctur, die ich der Hauptsache nach für einen Extrakt von Insektenpulver mit rektificirtem Weingeist, vielleicht mit einigen Zusätzen, z. B. Sublimat, halte.

Die Krätzmilbe (Sarcoptes hominis).

Dieses mikroskopisch kleine Thierchen hat einen kurzen rundlichen ungetheilten Leib, 8 kurze, stummelartige, dreiringlige in

gestielte Saugnäpfe endigende Füsse und nadelförmige in eine häutige Röhre zurückziehbare Kieferfühler. Die Körperhaut ist mit zahlreichen Rillen bedeckt. Noch bis tief in das gegenwärtige Jahrhundert hinein hielt man die Krätzkrankheit für ein constitutionelles Leiden und unterwarf die Kranken langwierigen ungemein quälenden Behandlungs-Methoden. Erst in den dreissiger Jahren wurde von mehreren Seiten die Mitwirkung einer Milbe behauptet und als man einen Vertheidiger der Milbentheorie, der die richtigen Milben nicht finden konnte, bei der Demonstration von Käsemilben ertappte, wurde der Streit sehr lebhaft und ein Preis ausgesetzt. Beim Vortrag des Streites in einer Pariser Klinik erbot sich ein polnischer Student, die Milben zu zeigen, da es bei ihnen zu Hause längst Landessitte sei, den Kranken die Milben abzusuchen. So wurde die Milbe definitiv entdeckt, aber erst nach langem Streit festgestellt, dass sie wirklich die Ursache der Krankheit sei. Die Milbe bohrt sich gezackte Gänge unter dem verhornten Theile der Oberhaut, die sie mit Eiern und abgelegten Häuten belegt. Da wo sie sitzt d. h. am Ende des Ganges bildet sich um sie ein wasserhelles Bläschen und schliesslich eine eiternde Pustel, die sie jedoch alsbald durch Weiterführung des Ganges verlässt, da ihr der Eiter nicht behagt. Bei längerer Dauer bedeckt sich die Haut mit Geschwüren und Borken und kann selbst hypertrophisch werden. Gegenwärtig behandelt man die Krätze am besten mit dem schon früher angewendeten, dann aber in Vergessenheit gerathenen Storax oder dem billigeren aber weniger wirksamen Perubalsam. Früher erweichte man die Hornschicht der Haut mit grüner Seife, entfernte sie durch Reiben nach einem Bad und strich Schwefelsalbe auf.



Krätzmilbe (Sarcoptes hominis).

Alphabetisches Register.

D.

E.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

Druck von Hüthel & Legler in Leipzig.